



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Diplomová práce

Instalace řídicích systémů osvětlovacích soustav

Diplomant: Bc. Martin Vožech

Studijní program: Inteligentní budovy

Vedoucí práce: Ing. Jan Zálešák

květen 2014

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu své diplomové práce, panu Ing. Janu Zálešákovi za vstřícný přístup, cenné rady a věcné připomínky při vedení práce. Dále pak Ing. Zuzaně Pelánové, bez jejíž ochoty by práce nemohla vzniknout. V neposlední řadě bych také rád poděkoval celé své rodině za podporu při mých studiích a psaní této diplomové práce.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci zpracoval sám s přispěním vedoucího práce a konzultanta a používal jsem pouze literaturu v práci vedenou. Dále prohlašuji, že nemám námitek proti půjčování nebo zveřejňování mé diplomové práce nebo její části se souhlasem katedry.

Datum: 6. 5. 2014

.....

Podpis diplomanta



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Bc. Martin Vožech**

Studijní program: **Inteligentní budovy**

Název tématu česky: **Instalace řídicích systémů osvětlovacích soustav**

Název tématu anglicky: **Installation of Control Systems for Artificial Lighting**

Pokyny pro vypracování:

Zhodnoťte současný stav řízení osvětlovací soustavy v laboratoři světelné techniky na katedře elektroenergetiky a proveďte řešerši nejpoužívanějších řídicích systémů osvětlovacích soustav. Vytvořte návrh modernizace za pomoci inteligentních prvků řízení osvětlovacích soustav. Prvky systému a samotný řídicí systém navrhnete s ohledem na univerzálnost použití. Svůj návrh realizujte v prostorách laboratoře včetně propojení řídicích prvků kabeláží, která bude odpovídat Vámi připravené projektové dokumentaci. V případě změn v projektu vypracujte také dokumentaci skutečného stavu elektroinstalace. Připravte cvičební úlohy pro studenty, ve kterých se seznámí s inteligentní elektroinstalací a prakticky své znalosti odzkouší na Vámi realizované elektroinstalaci.

Seznam odborné literatury:

- [1] HABEL, Jiří, et al.: Světelná technika a osvětlování. 1. Praha : FCC Public, 1995. 438 s. ISBN 80-901985-0-3.
- [2] ČSN EN 60929. *Elektronické ovládací zařízení na střídavé a/nebo stejnosměrné napětí k zářivkám: Požadavky na provedení*. 4. vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, meteorologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [3] MERZ, H., HANSEMAN, T. a HÜBNER, Ch.: Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet. 1.vyd. Praha: Grada, 2008, 261 s. ISBN 978-80-247-2367-9.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Zálešák (K 13115)**

Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2014**

Platnost zadání do¹: **31. srpna 2015**

Prof. Ing. Vladimír Haasz, CSc.
vedoucí katedry



V. Zálešák
Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 2. 1. 2014

¹ Platnost zadání je omezena na dobu tří následujících semestrů.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá instalací řídicího systému osvětlovací soustavy v laboratoři světelné techniky na Katedře elektroenergetiky. Práce obsahuje úvod do problematiky inteligentního řízení osvětlovacích soustav, který konkrétně popisuje systém KNX a protokol DALI. Dále následuje návrh řízení osvětlovací soustavy laboratoře světelné techniky za pomoci zmíněných systémů. Dokumentuje fyzickou realizaci návrhu jednotlivých částí instalace, včetně nákresu, schémat zapojení a návodu na parametrizaci všech prvků. Tato diplomová práce rovněž obsahuje demonstrační úlohy sloužící k výuce inteligentních elektroinstalací řízení osvětlení, které jsou realizovány na vytvořených pracovištích.

Klíčová slova: *KNX, DALI, řízení osvětlovacích soustav*

Summary

This master thesis deals with the installation of lighting control systems in the laboratory of lighting technology in the Department of Electroenergetics. The work contains an introduction to the topic of intelligent lighting control systems, particularly it describes the system KNX and DALI protocol. It also includes control design of lighting control system in the laboratory of lighting technology, with the help of mentioned systems. Physical implementation of the concept is documented and each part of the installation, including documentation, diagrams and instructions to parameterization of all elements is described. This master thesis contains a demonstration tasks to teach intelligent lighting control systems in the created workplaces.

Keywords: *KNX, DALI, lighting control systems*

Obsah

Anotace	5
Summary	5
Obsah	6
Seznam obrázků.....	8
Úvod.....	10
1 Řídicí systémy osvětlovacích soustav	11
1.1 DALI.....	12
1.1.1 DALI a jeho role v Inteligentní budově.....	13
1.1.2 DALI sběrnice	15
1.1.3 Komunikace po DALI sběrnici	17
1.2 KNX	18
1.2.1 Topologie KNX	20
1.2.2 KNX přenosová média	21
1.2.3 Komunikace po KNX sběrnici	24
2 Návrh ovládání osvětlení	27
2.1 Prvky návrhu.....	27
2.1.1 Použité DALI prvky	28
2.1.2 Použité KNX prvky	30
2.2 Oddělená pracoviště.....	33
2.2.1 Pracoviště DALI	33
2.2.2 KNX pracoviště.....	34
2.3 Centrální systém.....	35
3 Realizace návrhu	36
3.1 Hlavní osvětlovací soustava	36
3.2 Připojení a vybavení pracovišť	37
3.3 Vybavení rozvaděčové skříně.....	42
3.4 Centrální tlačítko	43
4 Zprovoznění systému osvětlovacích soustav	44
4.1 Požadavky na funkčnost inteligentní elektroinstalace	44
4.2 Parametrizace a kalibrace KNX.....	45
4.3 Parametrizace DALI.....	56
5 Laboratorní úlohy.....	60
5.1 Demonstrační úloha – KNX	60

5.1.1	Cíle úlohy	60
5.1.2	Zadání.....	60
5.1.3	Příprava demonstračního pracoviště	61
5.2	Demonstrační úloha – DALI	62
5.2.1	Cíle úlohy	62
5.2.2	Zadání.....	62
5.2.3	Příprava demonstračního pracoviště	63
6	Možnosti rozšíření učebny.....	64
7	Závěr.....	66
8	Literatura	67
	Příloha A	68
	Příloha B	69
	Příloha C	70

Seznam obrázků

OBR. 1-1 – ANALOGOVÉ ŘÍZENÍ 1-10V.....	11
OBR. 1-2 – DALI SAMOSTATNÝ SYSTÉM.....	13
OBR. 1-3 – DALI SAMOSTATNÝ PODSYSTÉM.....	14
OBR. 1-4 – DALI JAKO PODSYSTÉM	14
OBR. 1-5 – MANCHESTER – ZMĚNY LOGICKÝCH ÚROVNÍ.....	15
OBR. 1-6 – DALI – POVOLENÉ NAPĚŤOVÉ ÚROVNĚ.....	16
OBR. 1-7 – DALI – POVOLENÉ ZAPOJENÍ PRVKŮ.....	16
OBR. 1-8 – DALI PŘÍKLAD ZAPOJENÍ.....	17
OBR. 1-9 – DALI – STRUKTURA RÁMCE	18
OBR. 1-10 – PŘÍKLAD INSTALACE KNX	20
OBR. 1-11 – TOPOLOGIE KNX	21
OBR. 1-12 – SBĚRNICOVÝ VODIČ YCYM 2X2X0.8 [6].....	22
OBR. 1-13 – KNX – POVOLENÉ VZDÁLENOSTI	23
OBR. 1-14 – KNX - LOGICKÉ ÚROVNĚ.....	24
OBR. 1-15 – KNX – DATOVÝ TELEGRAM.....	24
OBR. 1-16 – KNX – INDIVIDUÁLNÍ ÚČASTNICKÁ ADRESA.....	25
OBR. 1-17 – KNX - SKUPINOVÉ ADRESY	26
OBR. 2-1 – FOXTRON DALIPWR [8].....	28
OBR. 2-2 – FOXTRON DALI4SW [8]	28
OBR. 2-3 – FOXTRON PROLED25 [8]	29
OBR. 2-4 – TRIDONIC PCA 2X58 T8 EXCEL ONE4ALL IP OTEC [9]	29
OBR. 2-5 – FOXTRON DALI232 [8].....	29
OBR. 2-6 – ABB I-BUS® EIB SV/S 30.320.5 [10].....	30
OBR. 2-7 – KNX/DALI KONTROLÉR DLR/S8.16.1M [10].....	30
OBR. 2-8 – SNÍMAČ INTENZITY OSVĚTLENÍ LF/U 2.1 [10]	31
OBR. 2-9 – UNIVERZÁLNÍCH ROZHRANÍ KNX US/U 4.2 [10]	31
OBR. 2-10 – USB INTERFACE ABB I-BUS® USB/S1.1 [10]	32
OBR. 2-11 – SBĚRNICOVÁ SPOJKA ABB 6120/12-101-500 BA/U5.2 A V POPŘEDÍ TLAČÍTKOVÝ SPÍNAČ ABB 6126/02-500 [10]	32
OBR. 2-12 – PRACOVIŠTĚ DALI	33
OBR. 2-13 – PRACOVIŠTĚ KNX.....	34
OBR. 2-14 – CENTRÁLNÍ SYSTÉM.....	35
OBR. 3-1 – ZAPOJENÍ PŘEDŘADNÍKU TRIDONIC PCA 2X58 T8 EXCEL.....	36
OBR. 3-2 – UMÍSTĚNÍ PRACOVIŠŤ V UČEBNĚ	37
OBR. 3-3 – PŘIPOJENÍ PRACOVIŠTĚ 3 A PRACOVIŠTĚ DALI	38
OBR. 3-4 – PANELOVÝ KONEKTOR XLR	38
OBR. 3-5 – PRACOVIŠTĚ KNX – UMÍSTĚNÍ USB INTERFACU	39
OBR. 3-6 – UMÍSTĚNÍ TLAČÍTEK NA PRACOVNÍCH STOLECH, KNX TLAČÍTKO (VPRAVO) A DALI TLAČÍTKO (VLEVO)	40
OBR. 3-7 – UMÍSTĚNÍ DALI PŘEDŘADNÍKY PROLED25	41
OBR. 3-8 – UMÍSTĚNÍ LED SVÍTIDLA NA PRACOVIŠTI.....	41
OBR. 3-9 – UMÍSTĚNÍ PŘÍSTROJŮ V ROZVADĚČOVÉ SKŘÍNI.....	42
OBR. 3-10 – CENTRÁLNÍ TLAČÍTKO U VCHODU DO UČEBNY	43
OBR. 4-1 – ETS4 – ZALOŽENÍ PROJEKTU.....	46
OBR. 4-2 – ETS4 – PRACOVNÍ PROSTOR.....	47
OBR. 4-3 – ETS4 – VKLÁDÁNÍ PŘÍSTROJŮ	48
OBR. 4-4 – ETS4 – PARAMETRICKÉ OKNO TLAČÍTKA A JEHO FUNKCIONALITA	48
OBR. 4-5 – ETS4 – PŘÍRAZENÍ SNÍMAČE INTENZITY OSVĚTLENÍ	49

OBR. 4-6 – ETS4 – PARAMETRIZACE SNÍMAČE OTEVŘENÍ OKEN.....	50
OBR. 4-7 – ETS4 – SKUPINOVÉ ADRESY.....	50
OBR. 4-8 – ETS4 – PŘÍŘAZENÍ SKUPINOVÝCH ADRES SKUPINOVÝM OBJEKTŮM.....	51
OBR. 4-9 – ETS4 – PROCES NAHRÁVÁNÍ	53
OBR. 4-10 – SBĚRNICOVÁ SPOJKA – UMÍSTĚNÍ PROGRAMOVACÍHO TLAČÍTKA.....	53
OBR. 4-11 – NÁSTROJ DGS-SOFTWARE-TOOL	54
OBR. 4-12 – KONFIGURAČNÍ SOFTWARE <i>DALICONFIG</i>	57
OBR. 4-13 – ROZMÍSTĚNÍ SPÍNANÝCH TLAČÍTKOVÉHO OVLADAČE FOXTRON DALI4S	58
OBR. 4-14 – PARAMETRY <i>EA1 – DALISW4</i>	59
OBR. 5-1 – DEMONSTRAČNÍ ÚLOHA KNX – SCHÉMA ZAPOJENÍ.....	61
OBR. 5-2 – DEMONSTRAČNÍ ÚLOHA DALI – SCHÉMA ZAPOJENÍ	63

Úvod

Tato diplomová práce se zabývá instalací řídicích systémů osvětlovací soustavy v laboratoři světelné techniky katedry elektroenergetiky na ČVUT v Praze. Rostoucí požadavky v oblasti řízení osvětlení, ať už v průmyslových objektech nebo inteligentních rodinných domech, nás nutí používat stále sofistikovanější systémy. V průběhu několika let se u nás i v celé Evropě jednoznačně na poli řízení osvětlovacích soustav prosadil otevřený protokol DALI. Díky jeho standardizaci je na trhu celé portfolio výrobků různých výrobců, které jsou spolu vzájemně kompatibilní. Protože se ale jedná výhradně o standard řízení osvětlení, nelze ho použít jako řídicí protokol ostatních systémů v budově v podobě *Building Managment system* (BMS). Z toho důvodu bude v práci kromě DALI zařazen i systém KNX. Ten podobně jako DALI integruje funkce řízení osvětlení, a je také schopen fungovat jako řídicí systém ostatních inteligentních elektroinstalací v budově, tedy hodí se jako systém BMS.

Práce si také klade za cíl tyto standardy studentům představit, a to co nejsrozumitelnějším způsobem, tedy demonstračními laboratorními úlohami. Ty budou realizované na pracovištích, které budou v rámci instalace vytvořeny. Přidanou hodnotou návrhu bude možnost centrálního řízení celé laboratoře. Toho bude docíleno použitím kombinace protokolu DALI a systému KNX. Protokol DALI na úrovni předřadníků osvětlení a systémem KNX, jako hlavní řídicí systém učebny s dalšími funkčními bloky. Komunikace systému KNX a DALI bude zajištěna použitím KNX/DALI kontroléru. Práce je rozčleněna do následujících kapitol, které se postupně od teoretického základu dostávají k praktické realizaci inteligentního řízení osvětlovací soustavy:

Kapitola 1 – Zaměří se na možnosti řízení osvětlovacích soustav. Popíše systém KNX a protokol DALI, jejich použitelnost, vlastnosti, důležité prvky a to s důrazem na praktický návrh.

Kapitola 2 – Bude se zabývat návrhem řízení osvětlovacích soustav. Popíše se jednotlivé prvky a jejich specifický účel. Návrh bude obsahovat řešení případu centrálního řízení laboratoře světelné techniky, ale i řešení odděleného řízení pracovišť pro potřeby výuky.

Kapitola 3 – Praktická část bude zaměřena na konkrétní realizaci návrhu. Obsahem bude dokumentace funkčních bloků, jednotlivých pracovišť, kabelového rozvodu a zapojení prvků v rozvodné skříni.

Kapitola 4 – Pro funkčnost celé instalace je potřebná parametrizace přístrojů. V této kapitole bude popsána parametrizace jednotlivých prvků KNX za pomoci softwaru ETS4 a DALI prvků za pomoci softwaru DaliConfig.

Kapitola 5 – Obsahem budou demonstrační úlohy koncipovány na navržené pracoviště. Úlohy budou zahrnovat teoretický úvod, zadání a postup parametrizace.

Kapitola 6 – Bude popsán souhrn možných budoucích rozšíření realizace inteligentní elektroinstalace o další prvky a funkce.

1 Řídicí systémy osvětlovacích soustav

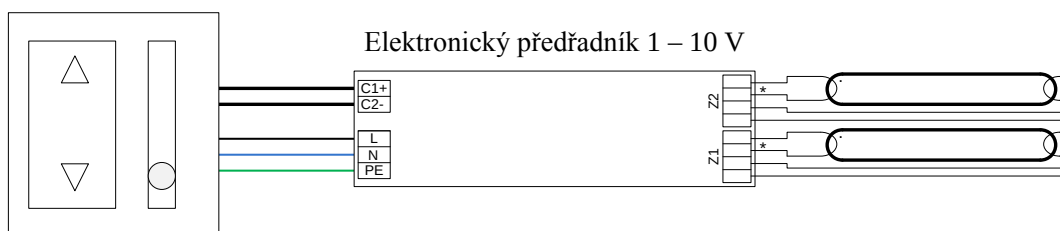
Světelná technika patří v dnešní době mezi rozvíjející se odvětví. Požadavky na světelné zdroje se stále mění. Hlavní důraz je kladen na úsporu spotřeby energie a výrobu produktů, které neškodí životnímu prostředí. Zvyšuje se náročnost na světelný komfort, estetiku a delší životnost světelných zdrojů. Jedná se ale nejen o oblast rozvoje světelných zdrojů, ale také o oblast jejich řízení, a právě řízení osvětlovacích soustav je dnes přikládán mimořádný význam. Nejdůležitější kritéria, kterým podléhají návrhy řízení osvětlovacích soustav, jsou:

- Komfort řízení
- Úspora elektrické energie
- Flexibilita

Nejen, že správná volba a použití řízení zvyšuje komfort při používání osvětlovací soustavy, ale dokáže také přinést úsporu ve spotřebě elektrické energie. Důležitou vlastností je také flexibilita systému. Flexibilní systémy se vyznačují tím, že je lze jednoduše přetvářet a přizpůsobovat aktuálním požadavkům.

Při volbě řízení osvětlovací soustavy máme na výběr ze dvou druhů, z *analogového* a *digitálního*. Oba druhy řízení vyžadují, aby byl před světelným zdrojem zařazen takzvaný *elektronický předřadník*. Ten pak na základě řídicí informace dokáže světelný zdroj rozsvěcet, zhasínat a řídit stmívání. Starší, analogové řízení, pracuje na principu ovládání elektrických předřadníků pomocí řídicího napětí v rozsahu 1 - 10 V. Schematicky je toto řešení naznačeno na Obr. 1-1.

Tlačítkový stmívač 1-10V



Obr. 1-1 – Analogové řízení 1-10V

Dnes převažující, digitální řízení, řeší mnohé z nedostatků analogového. Využívá datagramové komunikace po sběrnici a tak je umožněna zpětná vazba z předřadníku, například při nefunkčním světelném zdroji, jak tomu je u systému DALI. Přenos datagramů se také vyznačuje větší odolností vůči rušení. Každý z předřadníků je vybaven adresou, což umožňuje samostatné, ale i skupinové řízení osvětlovací soustavy. To přispívá k velké flexibilitě celého řešení. Systémy digitálního řízení osvětlovacích soustav, které se pro návrh řízení osvětlovacích soustav v laboratoři světelné techniky nejvíce hodí a následně si je popíšeme, jsou DALI a KNX.

1.1 DALI

Digital Addressable Lighting Interface (DALI) je protokol definovaný IEC¹ standardy 60929 a 62386. Je zastřešen organizací *German Central Association of the Industrial for Electric and Electronic Products*, registrovanou jako ZVEI. Její skupina *Actividy Group DALI* (DALI AG) se postarala o vznik tohoto standardu. Vznik DALI byl podmíněn požadavkem na vytvoření standardu pro řízení moderních osvětlovacích soustav. Podle [1], se již v roce 2011, systém DALI použil pro řízení osvětlení přibližně v 55% instalací v celé Evropě. Tento standard v sobě definuje řídicí a monitorovací funkce pro předřadníky hlavního osvětlení, nouzového osvětlení a LED osvětlení s návazností na budoucí požadavky. Na rozdíl od analogového řízení stmívání 1 - 10 V, je díky použití jednoduchého digitálního řízení mnohem flexibilnější, robustnější a finančně efektivnější. Platí, že čím složitější instalace, tím více se DALI vyplatí, jako řídicí systém osvětlení, implementovat. Mezi nejvýznamnější vlastnosti a výhody DALI patří:

- Individuální nebo skupinové řízení – díky individuální adresaci prvků
- Jednoduchost zapojení sběrnicevého vedení – nezáleží na polaritě zapojení sběrnice
- Kontrolní zprávy – umožňují zpětnou informaci, například o nefunkčnosti světelného zdroje
- Logaritmické stmívání – více vyhovuje citlivosti lidského oka
- Systémová inteligence – jednotlivé předřadníky obsahují informace o hodnotách světelného zdroje vázaných ke konkrétní² scéně
- Operační tolerance světelného zdroje – umožňuje nastavit maximální hodnotu, například z důvodu šetření elektrické energie
- Nastavitelná rychlost stmívání
- Menší systémová cena a více funkcí v porovnání se systémem stmívání 1 - 10 V

Systém DALI byl navržen maximálně pro:

- 64 individuálních jednotek s individuální adresou
- 16 skupin, tedy 16 skupinových adres
- 16 světelných scén s konkrétními hodnotami

¹ *International Electrotechnical Commission* (IEC) je světová standardizační organizace publikující normy pro elektroniku, elektrotechniku, sdělovací techniku a příbuzné obory.

² *Scénou* se rozumí definovaná hodnota světelné úrovně jednoho či více světelných zdrojů.

To znamená, že každá jedna jednotka, nejčastěji předřadník, má svou individuální adresu, ale také může patřit až do 16 skupin s konkrétní skupinovou adresou a konkrétními parametry světelné scény.

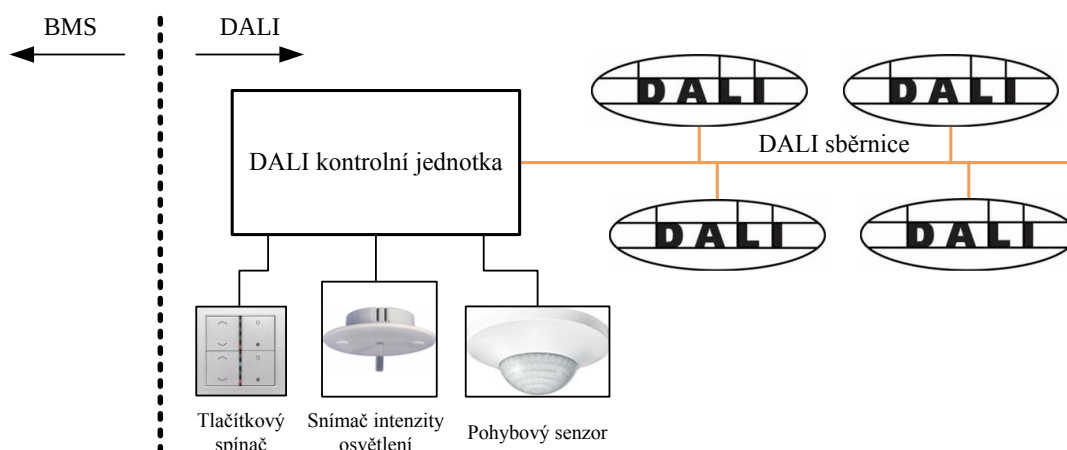
1.1.1 DALI a jeho role v Inteligentní budově

Nevýhodou systému DALI je fakt, že byl vytvořen čistě pro potřeby řízení osvětlovacích soustav. Nelze ho tedy použít jako řídicí protokol ostatních systémů v budově v podobě *Building Management system* (BMS). DALI lze do budovy zakomponovat následujícími způsoby, jak je popsáno v literatuře [2]:

- DALI samostatný systém
- DALI samostatný podsystém
- DALI jako podsystém

DALI samostatný systém

Je nejjednodušší možností, jak zakomponovat DALI do budovy. DALI je v tomto případě samostatný celek, který není nijak připojen k BMS. Všechny funkce ovládání a údržby se provádějí lokálně. Proto je tento druh použití vhodný spíše pro menší budovy, samostatné místnosti jako konferenční sály a podobně. Jednotlivé DALI elementy, které mohou být například tlačítka, předřadníky nebo senzory osvětlení, jsou připojeny buď pomocí sběrnice, nebo mohou být některá z nich připojena pomocí DALI kontrolní jednotky. Ta v sobě zároveň obsahuje integrovaný zdroj na DALI sběrnici. Z toho plyne, že chceme-li integrovat systém DALI pouze pomocí sběrnicového zapojení, je nutné sběrnici napájet příslušným zdrojem. DALI samostatný systém s kontrolní jednotkou je schematicky znázorněn na Obr. 1-2.

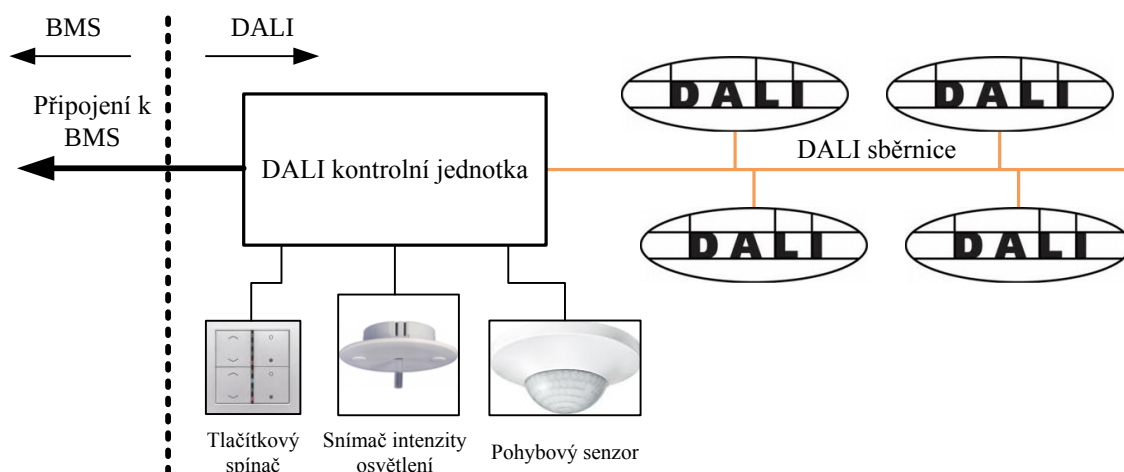


Obr. 1-2 – DALI samostatný systém

DALI samostatný podsystém

Jedná se o možnost využít DALI jako podsystém ve správě budovy BMS. V podstatě jde o „DALI samostatný systém“, výše popsáný, který je ale připojen prostřednictvím

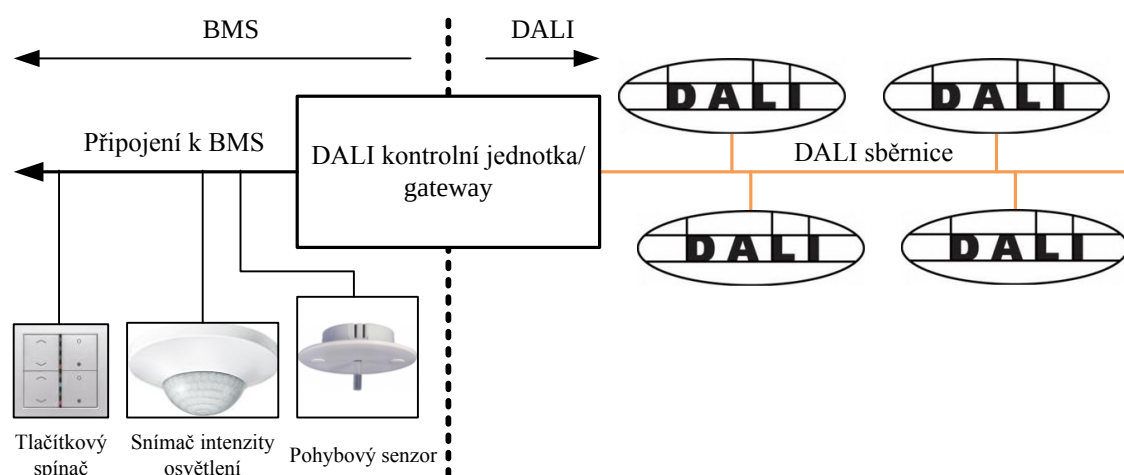
DALI kontrolní jednotky, tedy kontroléru k systému BMS. Ten ovšem musí být schopný komunikovat jak s DALI sběrnicí, tak se systémem BMS. Do BMS, který je hlavní systém pro správu budovy, se posílají často jen nejdůležitější informace. Například oznámení o poruše světelného zdroje, možnost centrálního vypnutí osvětlení nebo přepnutí na noční režim. Vše ale záleží na softwarových možnostech kontroléru. Výhoda tohoto rozvržení je taková, že v případě výpadku či poruchy BMS zůstává DALI podsystém naprosto funkční. DALI samostatný podsystém je schematicky znázorněn na Obr. 1-3.



Obr. 1-3 – DALI samostatný podsystém

DALI jako podsystém

Tato role DALI v systému budovy je podmíněna kontrolérem, který plní funkci překladače, takzvaně *gateway*. Ten má za úkol pouze překládat komunikaci z protokolu použitým na straně BMS do zpráv protokolu DALI a reverzně. Principiálně je vidět na Obr. 1-4.



Obr. 1-4 - DALI jako podsystém

Je patrné, že zatímco jsou světelné předřadníky zapojeny na stranu DALI sběrnice, veškeré ovládací a kontrolní jednotky jsou na straně BMS. Protokoly používané se v BMS jsou například LON, BACKnet, M-BUS nebo KNX, kterým se zabýváme v kapitole 1.2.

1.1.2 DALI sběrnice

DALI protokol je navržen pro komunikaci po dvou vodičové sběrnici. Maximální přípustná délka sběrnice mezi prvky je 300 m. Není nijak specifikován přesný typ vodiče, a tak je výhodné použít pro připojení DALI předřadníků například pěti-žilový kabel, kde dva vodiče slouží jako DALI sběrnice a zbylé vodiče pro vedení napětí 230 V. Jak je v následující tabulce Tab. 1-1 vidět, je pouze specifikovaný minimální průměr vodiče v závislosti na délce sběrnice.

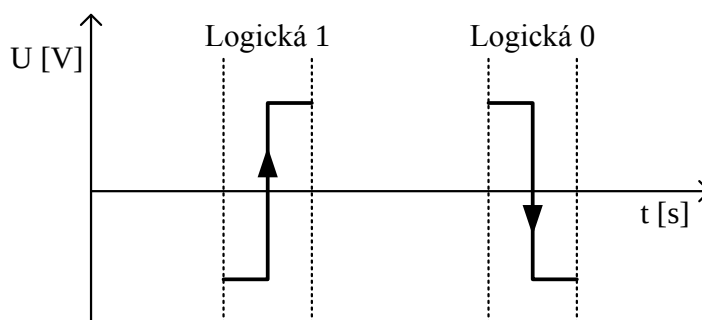
Délka	Minimální průřez vodiče [m ²]
Do 100 metrů	0,5
100 – 150 metrů	0,75
Více než 150 metrů	1,5

Tab. 1-1 – DALI specifikace – minimální průřez vodiče

Sběrnici jako takovou je nutné napájet vhodným zdrojem napětí 16 V, přičemž maximální příkon prvků na sběrnici nesmí přesáhnout 250 mA. Používáme-li DALI kontrolér, zdroj je, jak už bylo zmíněno, většinou integrován v něm. V ostatních případech musíme ke sběrnici připojit externí zdroj.

Napěťové úrovně

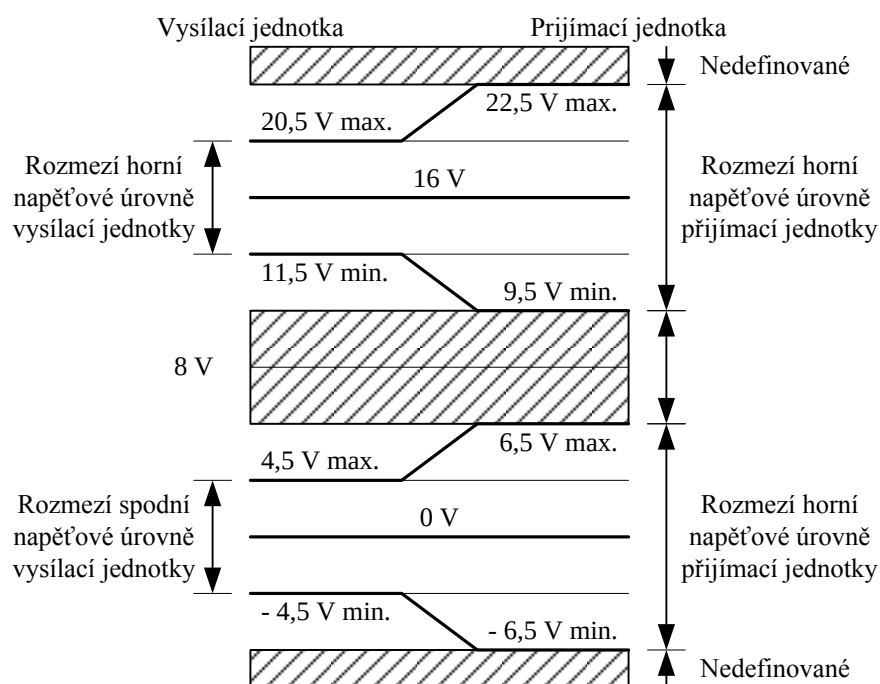
Při komunikaci se využívá bi-fázové kódování, to odpovídá kódu Manchester, podobně jako u Ethernetu³, který umožňuje detekci chyb při přenosu. Logická 0 a logická 1 jsou pak definovány jako změny úrovně, tak jak je na obr Obr. 1-5, kde je ideálně spodní a horní úroveň definována jako 0 V a 16 V. Ovšem na straně přijímací jednotky spodní úroveň může mít rozpětí mezi -6,5 V až +6,5 V a horní úroveň mezi +9,5 V a +22,5 V.



Obr. 1-5 – Manchester – změny logických úrovní

Normou je také definován maximální úbytek mezi přijímací a vysílací jednotkou, který činí 2 V. Napěťové úrovně jsou přehledně vyobrazeny na Obr. 1-6. Přenosovou rychlost specifikuje norma [3], a to na 1200bit/s s povolenou odchylkou 10%.

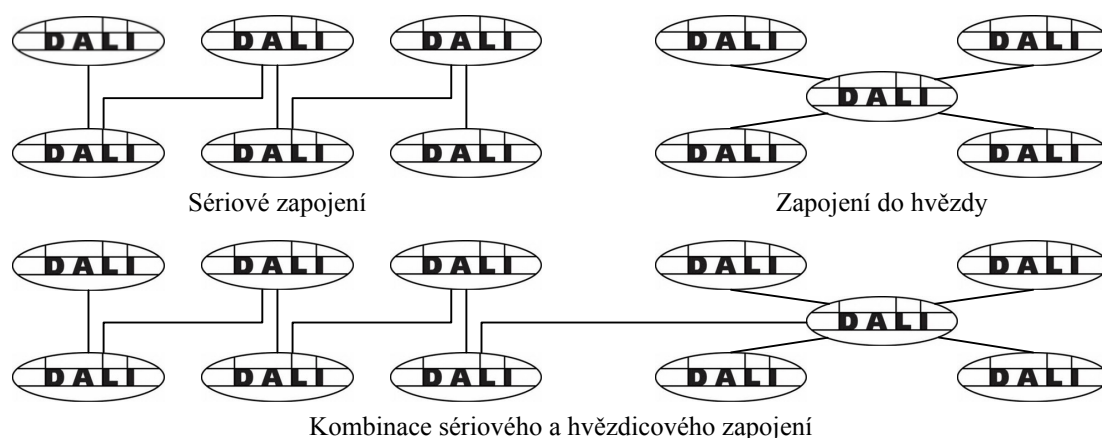
³ Ethernet – je protokol přístupové vrstvy motelu TCP/IP, který je s velkou oblíbeností využíván v lokálních počítačových sítích.



Obr. 1-6 – DALI – povolené napěťové úrovně

Zapojení prvků

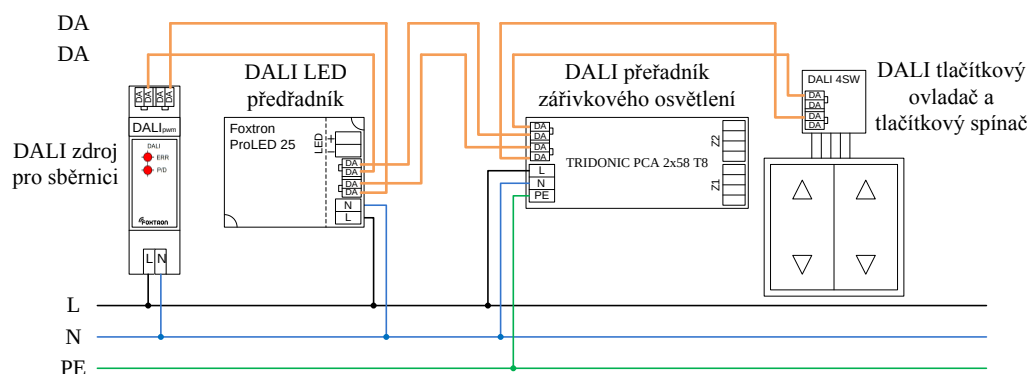
Jak už bylo zmíněno, jedna z výhod systému DALI je, že prvky jsou připojeny na sběrnici a není nutné vést kontrolní vodiče ke každému prvku zvlášť. To je výhodné jak z finanční stránky, tak pro komfort instalace. Za zmínění ovšem stojí schopnost DALI předřadníku úplně vypnout světelný zdroj, čehož se u analogového systému muselo docílit vypnutím napájení předřadníku. Z toho vyplývá, že elektronický předřadník připojený ke sběrnici DALI musí být stále napájen. Na Obr. 1-7 je znázorněno povolené zapojení do série, zapojení hvězdicové a jejich kombinace. Kruhové zapojení je zakázáno!



Obr. 1-7 – DALI – povolené zapojení prvků

Konkrétní příklad zapojení dvou DALI předřadníků, tlačítka a zdroje, je znázorněn na Obr. 1-8. Je nutné si uvědomit, že sériové zapojení znamená zapojení prvků za sebou. Každé DALI zařízení obvykle má integrovanou svorkovnici, která má čtyři vstupy spojené

do dvojice. Umožní tím nepřerušené pokračování sběrnice, i když by se jednalo o vadný prvek.



Obr. 1-8 – DALI příklad zapojení

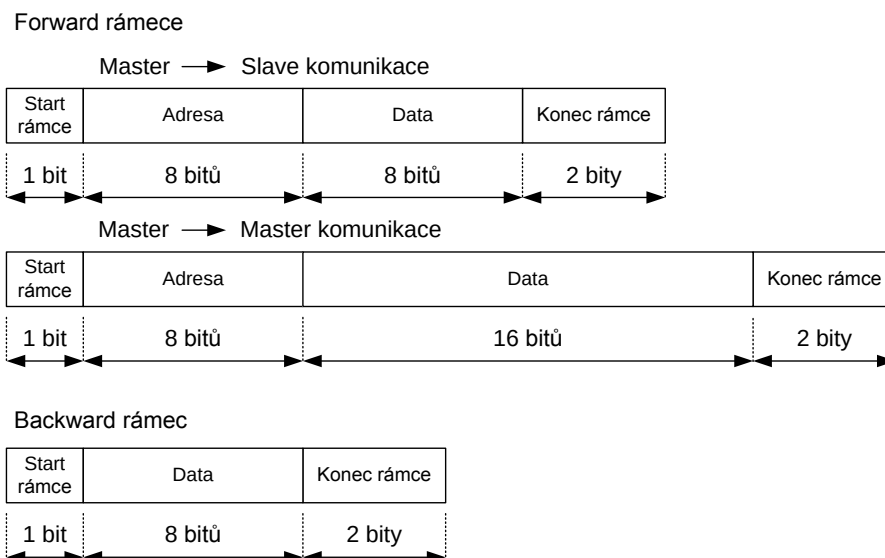
Na Obr. 1-8 není z důvodu přehlednosti naznačeno zapojení světelných zdrojů.

1.1.3 Komunikace po DALI sběrnici

DALI pracuje na sběrnicovém systému, kde si jednotlivá zařízení typu *master*⁴ a *slave*⁵ vyměňují rámce. Komunikace po sběrnici samozřejmě musí podléhat standardu, který definuje, jak vypadá struktura rámce. Struktura rámce je závislá na druhu komunikace. Při komunikaci mezi zařízením *master*, například kontrolér, a *slave*, například elektronickým předřadníkem se používají takzvané *forward* rámce s jedním adresním bytem a jedním datovým bytem. V případě komunikace dvou *master* zařízení se používá skladba *forward* rámce s jedním adresním bytem a dvěma datovými byty. *Forward* rámec však slouží pouze pro komunikaci směrem od *master* zařízení. Pro zpětnou komunikaci, tedy odpověď, se používá takzvaný *backward* rámec. Struktura obou *forward* rámců, společně s odpovědí od *master* zařízení, *backward* rámec, je na Obr. 1-9.

⁴ Master – je zařízení starající se o kontrolu zařízení *slave*, případně komunikuje s ostatními se zařízeními *master* v systému DALI.

⁵ Slave – je zařízení řídící světelné zdroje na základě příkazů přijatých od zařízení *master* v systému DALI.



Obr. 1-9 – DALI – Struktura rámce

Výhoda DALI je především ve snadné změně konfigurace systému, kdy lze libovolně měnit nastavení scén a to bez nutnosti zasažení do hardwarové konfigurace. Více informací o lze nalézt na stránkách skupiny DALI AG organizace ZVEI, která DALI zastřešuje a je dostupná z [1].

1.2 KNX

Technologie Konnex Bus (KNX) je standardizovaný mezinárodní komunikační systém, který spadá pod správu *Technologie Konnex Bus Association* (KNXA) [5]. Uplatňuje se v technice budov pro komunikaci zařízení jako jsou snímače, akční členy, regulační a řídicí zařízení, obslužná a měřicí zařízení. Stále vyšší požadavky na moderní projektování v Inteligentních budovách vedou k téměř nutnosti použít technologii, která umožňuje snadné a flexibilní ovládání elektroinstalačních prvků budovy s předem definovanými vlastnostmi za účelem zvýšit komfort, bezpečnost a v neposlední řadě i hospodárnost celé budovy.

KNX se nejčastěji pojí se sběrnici *European Instalation Bus* (EIB), která je dílem sdružení firem zabývajících se elektroinstalacemi v Evropě, *European Instalation Bus Association* (EIBA). Právě proto, že KNX byl vyvinut na základě zkušeností získaných na trhu se sběrnici EIB, je také někdy označován jako KNX/EIB. Označení KNX/EIB také zdůrazňuje skutečnost, že KNX je se sběrnici EIB kompatibilní. Oba protokoly jsou spolu značně provázané a to umocňuje i fakt, že EIBA je také strůjcem softwaru *Engineering Tool Software* (ETS), což je software určený instalacím KNX/EIB za účelem projektování a uvedení do provozu. Po správném naprogramování přístrojů a uvedení do provozu nabízí ETS i funkci monitoringu i diagnostiky.

KNX je decentralizovaný systém, tedy každá systémová jednotka musí být vybavena vlastní řídicí jednotkou v podobě mikroprocesoru. To je výhodné především tím, že odpadá nutnost centralizované řídicí jednotky. Při nefunkčnosti jedné či více jednotek jsou tak

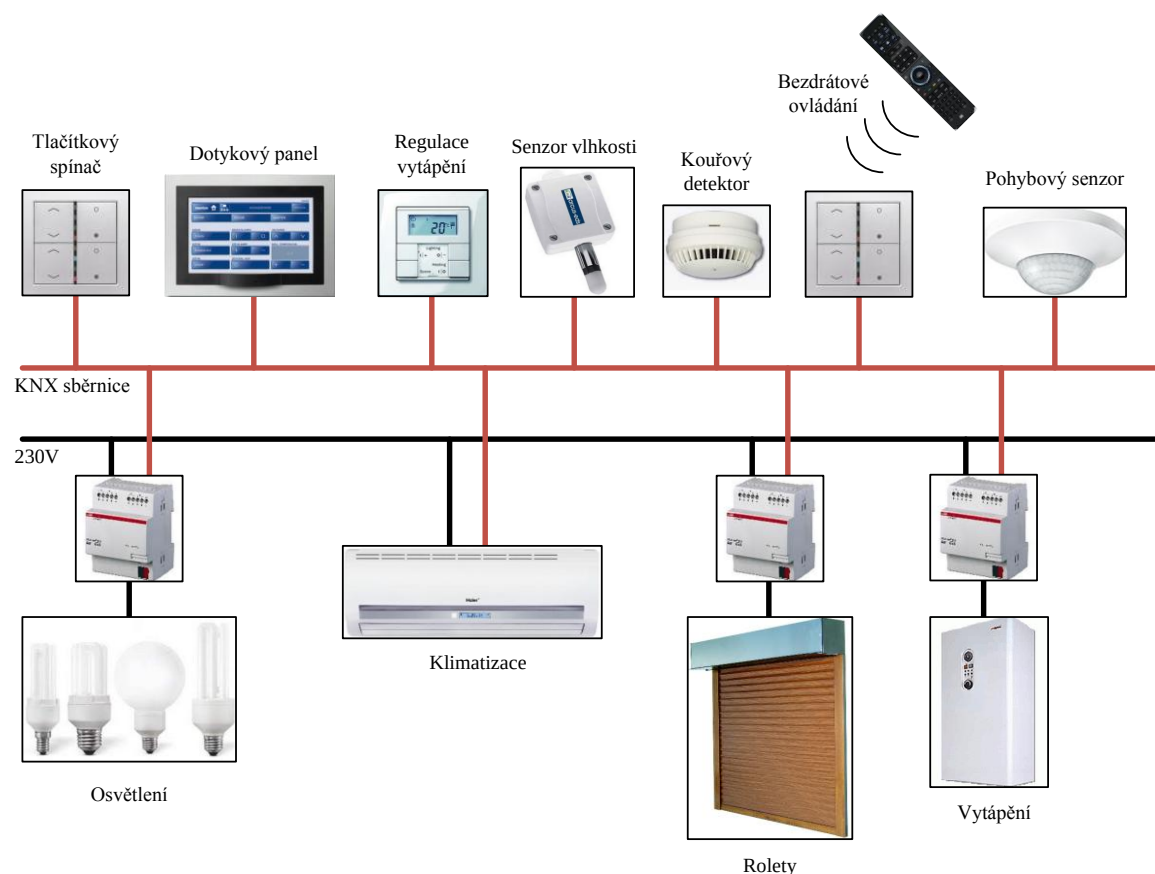
ostatní jednotky schopny vykonávat svůj účel dál. Což by v případě výpadku centralizované řídicí jednotky mělo fatální následek na systém. Mezi oblasti využití jsou, kromě pro nás stěžejního řízení osvětlení, také:

- Ovládání rolet a žaluzií
- Řízení vytápění a klimatizace
- Ochrana a bezpečí objektů a osob
- Vizualizace
- Vzdálený přístup a řízení
- Management a hospodaření s energií

Díky tomu, že je KNX schopno obsáhnout širokou škálu působnosti, je jedním z ideálních systémů pro správu budovy BMS. K tomu přispívá i skutečnost, že se KNX také používá jako kontrolní systém různých speciálních subsystémů. Jako konkrétní příklad můžeme uvést spojení KNX jako řídicí systém a DALI jako subsystém řízení osvětlení. Stejně jako DALI však v sobě integruje velké množství řídicích funkcí osvětlení jako například:

- Spínání a stmívání
- Ovládání světelných scén
- Schodišťový automat
- Zpoždění sepnutí a vypnutí
- Časovací funkce
- Detekce přítomnosti osob
- Regulace konstantní úrovně osvětlení

Příklad KNX instalace je na Obr. 1-10. Díky decentralizovanému řízení se stává instalace přehlednější. Klesá také spotřeba silových kabelů, přičemž se zvyšuje počet systémových funkcí [4].



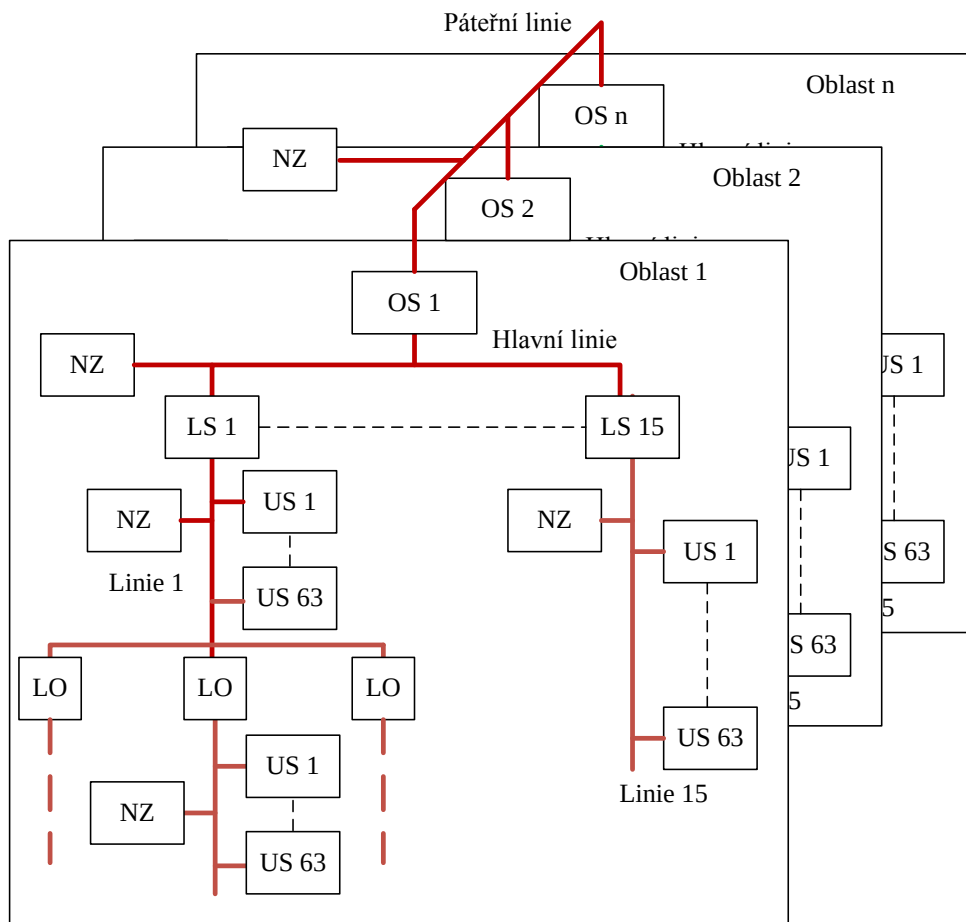
Obr. 1-10 – Příklad instalace KNX

Instalaci KNX v konkrétním objektu lze pak také volitelně dálkově monitorovat či řídit prostřednictvím telekomunikačních sítí.

1.2.1 Topologie KNX

Základ topologie KNX je tvořen takzvanou *linií*, jde o propojení až 64 systémových jednotek, označovaných jako *účastníci na sběrnici* (US). Každá linie musí obsahovat minimálně jeden vlastní *napájecí zdroj* (NZ). Linií lze tvořit buď propojením účastníků hvězdicově, stromově či klasicky pomocí sběrnice. Možná je také jejich vzájemná kombinace. Nikdy však nesmí dojít ke kruhovému propojení.

Množství 64 účastníků je pro menší instalace v bytech či malých domech dostačující, nicméně pro komplexnější návrhy je nutné použít i vyšší hierarchické stupně. Proto nám KNX umožňuje spojit až 15 linií pomocí *liniových spojek* (LS) do takzvané hlavní linie. Každá hlavní linie tvoří takzvanou oblast. Až 15 oblastí lze propojit do jednoho celku a to páteří linií. Spojení je zajištěno *oblastními spojkami* (OS). Stále platí, že každá z hlavních linií nebo linie páteří musí také obsahovat napájecí zdroj a může obsahovat až 64 účastníků. Od tohoto maxima však musíme odečíst počet liniových či oblastních spojek. Je-li i tento počet nedostačující, KNX nám umožňuje rozšířit jednotlivé koncové linie až na 4 linie. To provedeme pomocí až 3 *liniových opakovačů* (LO). Zakomponované liniové opakovače v celkové topologii lze vidět na Obr. 1-11.



Obr. 1-11 – Topologie KNX

Liniový opakovač je hardwarově stejné zařízení jako liniová či oblastní spojka, liší se pouze softwarovou částí. V celkovém počtu nám KNX tedy nabízí propojení více než 58 000 účastníků. Takové číslo už je pro drtivou většinu návrhů postačující.

1.2.2 KNX přenosová média

Systém KNX definuje několik možností, jak můžeme jednotky systému propojit fyzickým médiem a vytvořit tak společný komunikační kanál pro výměnu telegramů. Jakou z možností volíme, záleží na mnoha faktorech. Především pak na charakteru stavby, rozvržení jednotlivých jednotek v prostoru či na přáních zákazníka, ale i na mnohých dalších faktorech. Mezi používané média KNX patří:

- KNX.TP (Twisted pair) – přenos po kroucené dvojlince
- KNX.RF (Radio Frequency) – využití radiového přenosu
- KNX.PL (Power Line) – využití přenosu přes elektrické rozvody 230V
- KNX.LWL (Lichtwellenleiter) – přenos po optických vláknech
- KNXnet/IP (Internet Protocol) – přenos po Ethernetu

Rádiový přenos komunikace bychom určitě upřednostnili v již hotové budově s malou, ne-li nemožnou možností zásahu do stávající dispozice. Za těchto podmínek by bylo možné použít i přenos přes elektrické rozvody, ale pouze za předpokladu, že v místě umístění jednotky elektrický rozvod vůbec existuje. V rozsáhlých budovách nebo pro přenos mezi sestavou budov, kde je nutnost přenášet telegramy na velkou vzdálenost, je výhodné použít jako médium optické vlákno. V dnešní době stále populárnější datová síť Ethernet nám taktéž může posloužit jako médium. Výhoda je, že v některých případech nám umožní využít již stávající datové rozvody bez nutnosti vést separátně jiné médium nehledě na to, že když je součástí systému i monitorovací stanice je snadnější a technicky pohodlnější jí připojit do sítě Ethernet. Ethernet také umožňuje větší přenosové rychlosti posílání telegramů. Kromě toho je možné jednotlivé média KNX připojit k jinému sběrníkovému médiu jako je M-Bus, Lon či DALI systému a to za pomoci překladače, *gateway*. Ten převádí komunikaci mezi jednotlivými systémy, tak aby spolu mohly komunikovat. Krom toho zastává funkci monitorovací stanice, přes kterou lze systém udržovat či případně přeprogramovat.

KNX.TP (Twisted pair)

KNX.TP (Twisted pair), tedy kroucená dvojlinka, se díky své jednoduchosti využívá ze všech médií nejvíce. Důvod kroucení dvojice vodičů má základ v minimalizaci elektromagnetických rušení, které má pak za následek degradaci přenášeného datového telegramu. Existují dvě varianty kroucených párů. TP.0 a TP.1. Výhradně se ovšem pro instalaci používá TP.1, který poskytuje rychlost 9600 bit/s oproti TP.0, který podporuje maximální rychlost 4800 bit/s.

Pro použití KNX.TP.1 jsou důrazně doporučeny dva typy sběrníkových vodičů. Prvním z nich je YCYM 2x2x0.8, který poslouží jak pro suché, vlhké, ale také i pro mokré prostory. Je možné jej použít i pro venkovní instalaci, ale pouze za předpokladu, že jej ochráníme před přímým slunečním zářením. U tohoto typu je možné provést montáž povrchovou, zapuštěnou i montáž v trubkách, a to do zkušebního napětí 4 kV. YCYM 2x2x0.8 můžeme vidět na Obr. 1-12. Druhý doporučený typ sběrníkových vodičů je JY(St) Y 2x2x0.8. Ten je již určen jen do vnitřních instalací s limitem zkušebního napětí 2,5 kV.



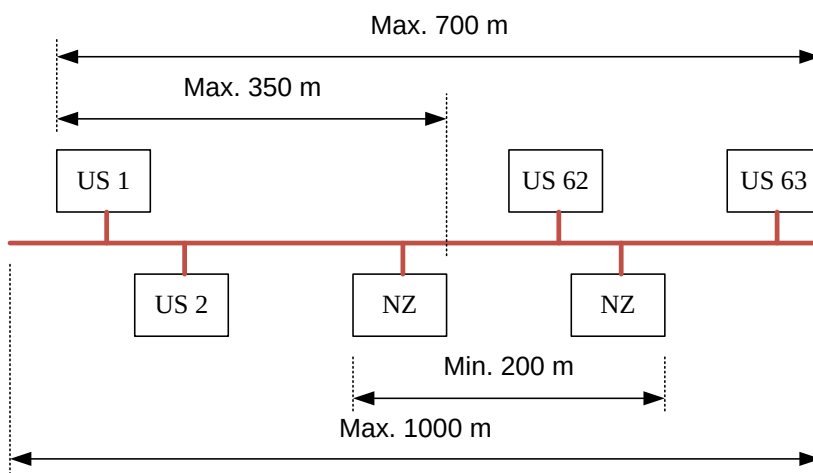
Obr. 1-12 – Sběrníkový vodič YCYM 2x2x0.8 [6]

Platí, že červený vodič slouží pro plus (+) sběrnice a černý pro mínus (-) sběrnice. Bílý a žlutý vodič mohou být využity na jiné obvody s malým bezpečným napětím SELV nebo s nimi můžeme počítat jako s rezervou. Lze samozřejmě použít i jiný druh kabelu. V takovém případě již nebude ale platit definice maximální délky linie, maximální délka mezi přístroji v linii ani maximální počet účastníků na sběrnici v jedné linii. Ty jsou definovány v následující tabulce Tab. 1-2.

Maximální délka kabelu mezi napájecím zdrojem a zařízením na sběrnici	350 m
Maximální délka linie mezi dvěma zařízeními na sběrnici	700 m
Celková délka všech kabelů linie	1000 m
Minimální vzdálenost mezi dvěma napájecími zdroji	200 m

Tab. 1-2 – KNX – Povolené vzdálenosti

Prakticky jsou tyto vzdálenosti znázorněny na Obr. 1-13.



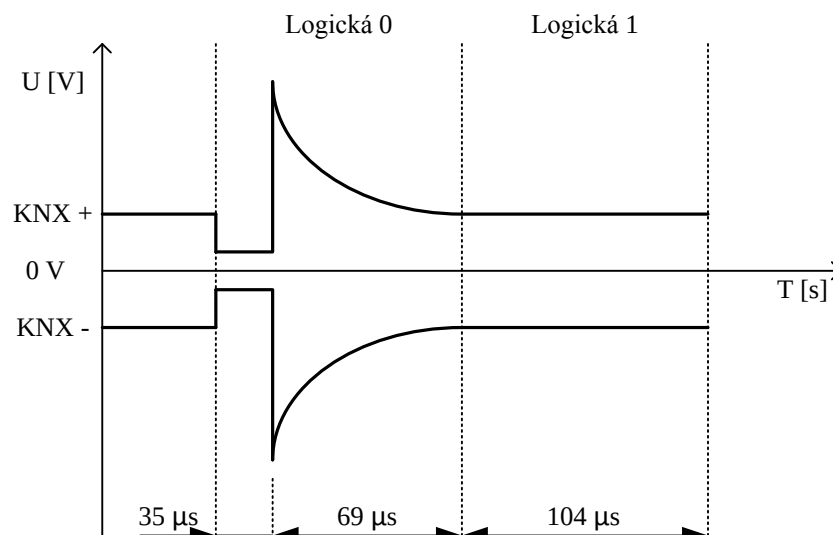
Obr. 1-13 – KNX – Povolené vzdálenosti

Pro instalaci sběrnicových vodičů platí stejné zásady jako pro instalaci střídavých sítí 230/400 V. Navíc jsou upraveny ještě další pravidla. Sběrnice vodiče vedeme souběžně se silovými, a to proto, abychom zamezili vytvoření smyčky, která by vedla v případě přepětí k indukci nežádoucího napětí. Klademe je tedy plášť na plášť. Jsou-li vodiče sběrnice zbaveny pláště, lze je stále umístit plášť na plášť silového rozvodu. Jsou-li jak silový rozvod, tak vodiče sběrnice nebo pouze silový rozvod zbaven pláště, platí podmínka dodržení minimální vzájemné vzdálenosti 4 mm. Zakončovací odpory není potřeba používat.

V instalačním systému KNX musí být samozřejmě i instalační sběrnice napájena, a to napájecími zdroji s tlumivkou. Napájecí zdroj dodává každé systémové jednotce 29 ± 2 V a může napájet maximálně 64, 32 či 16 jednotek, podle volby zdroje. Pro funkčnost systému musíme zaručit, aby napětí nepokleslo pod 21 V. Návrh zdroje by měl počítat s 20% rezervou počtu jednotek, jak je uvedeno v [2].

Logické úrovně

Přenos telegramů probíhá v binární podobě a tak je potřeba definovat úrovně logické 1 a logické 0. Ty jsou modulované na napájecí napětí a mají délku 104 μ s, tak jak je naznačeno na Obr. 1-14.



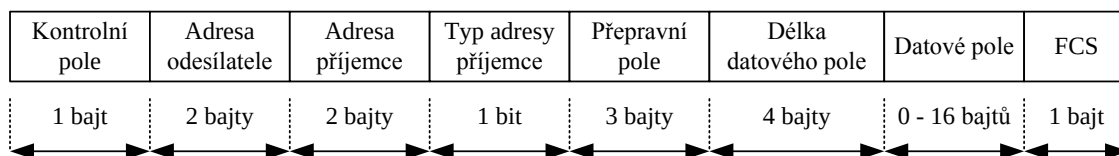
Obr. 1-14 – KNX - Logické úrovně

Logická 1 je v podstatě nezměněná úroveň napájecího napětí. Na rozdíl od toho je logická 0, takzvaně aktivní pulz. Aktivní pulz je nejprve tvořen propadem o 6 až 9 V po dobu 35 μ s, poté následuje vyrovnávací pulz, který se exponenciálně vrací na úroveň napájecího napětí. [8]

1.2.3 Komunikace po KNX sběrnici

Struktura telegramu

Pro výměnu informací používá KNX dva druhy telegramů, a to datový a zpětné hlášení. Zpětné hlášení obsahuje pouze jeden bajt, který definuje tři stavy zpětných hlášení. Prvním stavem je *ACK*, který slouží k potvrzení správného přijetí. Druhým je *NACK*, který definuje chybné přijetí a posledním stavem je *BUSY*, což značí zaneprázdněnost stanice a nemožnost telegram zpracovat. Jakmile odesílající stanice dostane v daném časovém intervalu zprávu *BUSY*, *NACK* nebo nedostane zprávu žádnou, pokusí se rámeček znovu odeslat, a to maximálně třikrát. Strukturu datového telegramu vidíme na Obr. 1-15.



Obr. 1-15 - KNX – Datový telegram

Kontrolní pole – definuje prioritu telegramu a definuje standardní či rozšířený mód

Adresa odesílatele – adresa identifikující odesílací stanici

Adresa příjemce – adresa identifikující přijímací stanici

Typ adresy příjemce – definuje unicast nebo multicast adresu příjemce

Přeproví pole – definuje podobně jako TTL pole v IP paketu maximální počet hopů

Délka datového pole – určuje délku datové části

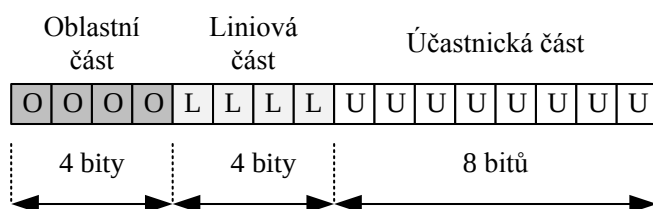
Datové pole – nese datovou část telegramu

Frame Check Sequence (FCS) – kontrolní součet sloužící k ověření neporušení rámce

Jako přístupovou metodu na sdílené médium je pak používán KNX podobně jako Ethernet CSMA/CD.

Adresace

Individuální účastnická adresa jednoznačně identifikuje účastníka na sběrnici. Je rozdělena na 3 části, tak aby bylo možné zjistit, v jaké oblasti a jaké linii se účastník nachází tak, jak je na Obr. 1-16.

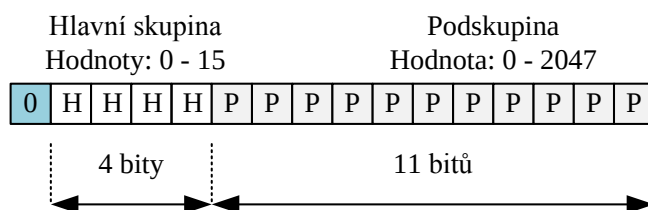


Obr. 1-16 – KNX – Individuální účastnická adresa

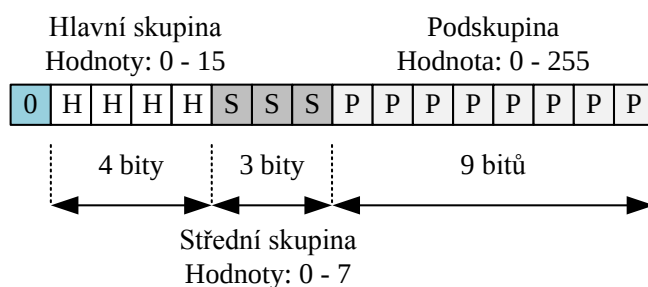
Na oblastní označení jsou vyhrazeny 4 bity, tedy jak jsme se výše dozvěděli, můžeme mít maximálně 15 oblastí. Taktéž pro liniové označení je k dispozici 4 bitová adresa, tedy maximálně 15 linií v jedné oblasti. Pro adresu účastníka je vyhrazeno 8 bitů, tedy maximálně 256 kombinací, které nám umožňují jednotlivé linie o maximálním počtu 64 účastníků rozšířit z jedné až na 4 větve liniovými opakovači. Z maximálního počtu účastníků na linii nesmíme zapomenout odečíst liniové opakovače a liniové a oblastní spojky. Nutno však podotknout, že individuální adresy se využívají především k diagnostice, opravě chyb nebo novému naprogramování parametrů. V normálním provozu je individuální adresa bez významu.

Zásadní význam má však *adresa skupinová*. Ta slouží ke komunikaci přístrojů v jedné instalaci. Ze skupinových adres si můžeme vybrat adresy dvouúrovňové (hlavní skupina / podskupina) nebo adresy tříúrovňové (hlavní skupina / střední skupina / podskupina), Obr. 1-17.

Skupinová adresa: dvouúrovňová



Skupinová adresa: tříúrovňová



Obr. 1-17 – KNX - Skupinové adresy

Jednotlivé úrovně pak mohou označovat například poschodí, funkční skupiny, jako je vytápění či osvětlení, a poslední úroveň pak skupinu spotřebičů, například označení světelné scény. Nastavení skupinových adres se provádí přes software ETS. Adresa, která má na všech 16 pozicích samé nuly je vyhrazena pro celoplošnou informaci všem zařízením, podobně jako v počítačových sítích *Broadcast*⁶.

⁶ Broadcast – je typ komunikace která je cílená všem jednotkám.

2 Návrh ovládání osvětlení

Cílem této diplomové práce je nejprve navrhnout a poté realizovat řízení osvětlovací soustavy pro laboratoř světelné techniky. Návrh je koncipován tak, aby v učebně vznikly dvě oddělená pracoviště s rozdílnými interface-technologiemi pro výuku inteligentních elektroinstalací. Jako řídicí technologie osvětlení, s kterými se studenti prostřednictvím laboratorních úloh seznámí, byly zvoleny DALI a KNX, popsané v kapitole 1.1 a 1.2. DALI pro svůj stále rostoucí potenciál v řízení osvětlovacích soustav a KNX jako protokol, který je v dnešní době jeden z předních standardů pro řízení inteligentních budov. Lze jej proto využít nejen pro řízení osvětlovací soustavy, ale i pro budoucí potřeby laboratoře. Například pro připojení dalších inteligentních prvků, které je možné do návrhu integrovat a učebnu s nimi v budoucnu dovybavit.

V následujících kapitolách popíšeme nejprve použité prvky DALI a KNX sběrnice, a poté rozebereme konkrétní návrhy pracovišť a jejich funkčnost.

2.1 Prvky návrhu

Proto, aby jednotlivá pracoviště, potažmo centrální ovládání osvětlovací soustavy bylo uvedeno do chodu, bylo zapotřebí vybrat jednotlivé funkční prvky DALI a KNX v závislosti na požadovaných parametrech a funkčnosti v návrhu. Nejprve byly zhodnoceny požadavky na řízení hlavního osvětlení a jeho možné funkce. Poté požadavky jednotlivých pracovišť a vzájemné propojení do funkčního celku. Základem řízení osvětlení se stal tlačítkový spínač. Byl uvažován i dotykový panel od firmy Foxtron s.r.o., ale vzhledem k možnosti simulovat tento panel čistě softwarově, nebyl panel v návrhu použit. U KNX instalace byl výběr sběrnice spojky k tlačítkovému snímači poměrně jasný vzhledem k přehlednosti portfolia a kompatibilitě výrobků firmy ABB. U DALI byla situace složitější a vynutila si výběr čtyř-tlačítkového spínače značky GIRA. Pro řízení osvětlení pomocí KNX s DALI podsystémem bylo potřeba vybrat vhodnou kontrolní jednotku. Ta byla volena s ohledem na počet DALI zařízení, které dokáže kontrolovat, možnost připojení snímače intenzity osvětlení, ale i z hlediska konstrukce, kde zvítězila konstrukce na DIN lištu před nástěnnou. Pro možnosti rozšíření funkčnosti učebny bylo do návrhu přidáno i univerzální rozhraní pro KNX. Napájecí zdroje jednotlivých sběrnic bylo potřeba vybrat s ohledem na spotřebu elektrické energie jednotlivých prvků s rezervou pro případné rozšíření.

Velkou roli při návrhu komponent hrálo i zhodnocení z hlediska finanční nákladnosti v závislosti na přínosu pro učebnu, případné možné rozšíření. Použité prvky DALI byly z velké většiny zvoleny od výrobce Foxtron s.r.o., více informací je dostupných v [9]. Prvky KNX pak od světoznámého výrobce ABB.

2.1.1 Použité DALI prvky

Zdroj Foxtron DALIpwr

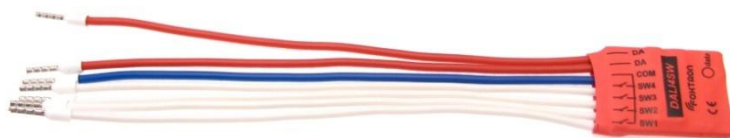
Základem každého návrhu systému DALI je napájecí zdroj. Ten je buď přímo integrovaný v kontrolní jednotce, která se stará o monitoring a řízení, případně ve funkci překladače o propojení s nadřazeným systémem nebo musíme zdroj do systému zařadit samostatně. V případě samostatného systému DALI nám poslouží jako napájení zdroj DALIpwr, Obr. 2-1, od firmy Foxtron s.r.o. Jedná se o zdroj s maximálním výstupním proudem 230 mA, přičemž je zdrojem stejnosměrné napětí 16 V. Obsahuje taktéž signalizaci komunikace, zkratu na sběrnici a připojeného vstupního napětí.



Obr. 2-1 - Foxtron DALIpwr [9]

Tlačítkový ovladač Foxtron DALI4sw

Tlačítkový ovladač DALI4sw má čtveřici samostatně nastavitelných kontaktů. Každý z kontaktů lze nastavit až na deset různých módů, v nichž je možné provádět ještě další nastavení. Základem je odeslání příkazu X, případně Y, krátkým či dlouhým sepnutím bílých nastavitelných kontaktů s modrým společným spínacím kontaktem. Samozřejmě nechybí i zpětná vazba na stav osvětlení, kdy se například při zapnutém osvětlení provede jiný příkaz než při zhasnutém. Pro připojení na DALI sběrnici slouží dva červené vodiče. Pro pohodlnost ovládání budeme používat tento tlačítkový ovladač ve spojení se strojkem a vypínačem značky GIRA, což jsou v podstatě dva kolébkové spínače právě se čtyřmi kontakty. DALI4sw je na Obr. 2-2.



Obr. 2-2 - Foxtron DALI4sw [9]

LED předřadník Foxtron proLED25

Jedná se o předřadník vhodný pro stmívání LED svítidel ovladatelný pomocí sběrnice DALI, analogového řízení 1 - 10 V nebo SwitchSetem. Obsahuje nastavení výstupního napětí na 10, 12 a 24 V nebo výstupního proudu na 350, 500 či 700 mA.

Při zvolení napětového zdroje 12 V je maximální výkon 10 W. Tímto předřadníkem, Obr. 2-3, budeme v našem návrhu řídit LED osvětlení pracovních stolů..



Obr. 2-3 - Foxtron proLED25 [9]

Zářivkový předřadník TRIDONIC PCA 2x58 T8 EXCEL one4all Ip xtec

Tento elektornický předřadník od společnosti TRIDONIC slouží pro řízení svítidel hlavního osvětlení v učebně prostřednictvím DALI sběrnice. Tento konkrétní typ, Obr. 2-4, je určen pro dvojici zářivek o příkonu 58 W typu T8.



Obr. 2-4 - TRIDONIC PCA 2x58 T8 EXCEL one4all Ip otec [10]

RS232 interface Foxtron DALI232

Převodník sběrnice DALI a RS232 nám poslouží ke komunikaci mezi PC se sběrnici DALI. Krom toho, že nám převodník dává možnost nastavovat zařízení na sběrnici DALI pomocí softwaru DALIconfig od firmy Foxtron s.r.o., umožňuje nám taktéž monitorování posílaných zpráv po sběrnici. DALI232 je vhodné použít i v případě, kdy chceme celý systém DALI ovládat či sledovat nadřazeným systémem, například BMS. V takovém případě je nadřazený systém informován i o kolizi dat, zkratování sběrnice či připojení síťového napětí. Kromě standardních zpráv DALI lze na sběrnici odeslat i zprávy eDALI, NEMA DALI, nebo DIGIDIM DALI výrobce Helvar. Převodník je na Obr. 2-5.



Obr. 2-5 - Foxtron DALI232 [9]

2.1.2 Použité KNX prvky

Zdroj ABB i-bus® EIB SV/S 30.320.5

Podobně jako u DALI, i u KNX je nutnou podmínkou funkčnosti sběrnice napájet ji vhodným zdrojem. Zdroje výrobce ABB se vyrábí s jmenovitým výstupním proudem 160, 320 nebo 640 mA v závislosti na maximálním počtu použitých přístrojů na sběrnici. Pro naši instalaci je dostačující zdroj ABB i-bus® EIB SV/S 30.320.5, který je zdrojem stejnosměrného napětí 29 V s jmenovitým výstupním proudem 320 mA. Zdroj na Obr. 2-6.



Obr. 2-6 - ABB i-bus® EIB SV/S 30.320.5 [11]

KNX/DALI kontrolér DLR/S8.16.1M

Jedná se o kontrolér DALI osvětlení prostřednictvím sběrnice KNX. Tvoří tedy rozhraní mezi KNX a DALI sběrnici. Na stranu DALI výstupu lze připojit až 64 DALI zařízení s individuální adresou, které pak mohou být dále rozděleny až do 16 skupin. Rovněž disponuje možností připojit až 8 světelných senzorů jako například snímač intenzity osvětlení LF/U 2.1, který je popsán níže. Díky této kombinaci lze pak vhodnou konfigurací docílit zvětšení komfortu za snížení energetické nákladnosti osvětlení, kdy je osvětlení například regulováno s ohledem na příspěvek venkovního osvětlení. Kontrolér tak může konat řídicí funkci samostatného DALI systému. Samozřejmě má i možnost řídit osvětlení ze strany KNX například tlačítkovým spínačem. V takovém případě se kontrolér chová jako překladač a zprávy po KNX sběrnici přeloží na zprávy určené pro sběrnici DALI. Použitý kontrolér jen na Obr. 2-7.



Obr. 2-7 - KNX/DALI kontrolér DLR/S8.16.1M [11]

Snímač intenzity osvětlení LF/U 2.1

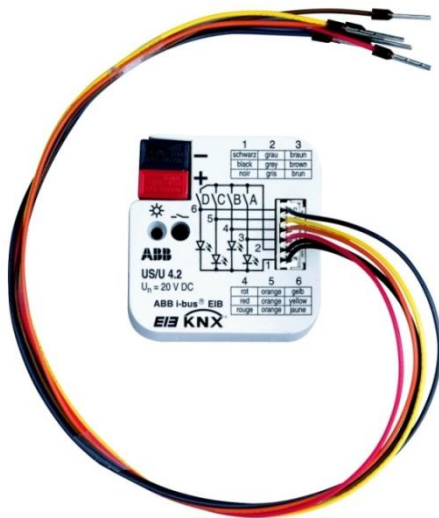
Umožňuje nám ve spojení s KNX/DALI kontrolérem DLR/S8.16M, jakožto akčním členem, regulovat světelné zdroje připojené k DALI předřadníkům tak, aby byla v měřeném místě dosažena konstantní úroveň osvětlení. V případě učebny světelné techniky nám může posloužit k regulaci vnitřního umělého osvětlení v závislosti na příspěvku denního osvětlení pronikajícího okny do učebny tak, aby byla udržena konstantní úroveň osvětlení. Tento typ snímače intenzity osvětlení LF/U 2.1, jak je na Obr. 2-8, je určen pro montáž do zapuštěné elektroinstalační krabice.



Obr. 2-8 - Snímač intenzity osvětlení LF/U 2.1 [11]

Univerzálních rozhraní KNX US/U 4.2

Čtyř-kanálové univerzální rozhraní nám podobně, jako tlačítkový spínač Foxtron DALI4sw pro DALI, umožňuje monitorovat kontakty tlačítkového ovladače nebo spínače po sběrnici KNX. Lze však také připojit k jakémukoli bezpotencionálnímu kontaktu, signalizační LED diodě či k elektronickému relé jako výstupní zařízení. Parametrizování rozhraní jako výstupní nebo vstupní se provádí pomocí softwaru ETS. Jak je na Obr. 2-9 vidět, standardně v sobě integruje svorkovnici pro připojení na sběrnici KNX.



Obr. 2-9 - Univerzálních rozhraní KNX US/U 4.2 [11]

USB Interface ABB i-bus® USB/s1.1

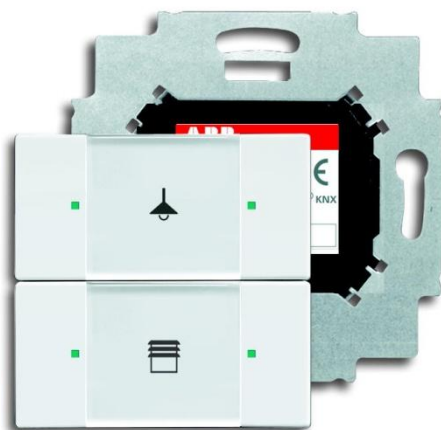
Abychom mohli monitorovat a programovat zařízení připojené ke KNX sběrnici pomocí PC, je zapotřebí použít rozhraní na USB. Platí zásada, že při instalaci KNX je toto první zařízení, které se oživuje, Obr. 2-10.



Obr. 2-10 - USB Interface ABB i-bus® USB/s1.1 [11]

Sběrníková spojka ABB 6120/12-101-500 BA/U5.2

Za pomoci sběrníkové spojky jsme schopni převádět stisky z tlačítkového spínače ABB 6126/02-500 na telegramy určené pro KNX sběrnici. Tlačítkový spínač je univerzální tlačítko, které nám umožňuje ovládat zvolenými krátkými či dlouhými stisky jakýkoliv akční člen. V oblasti osvětlení jsme tak schopni pomocí softwaru ETS naprogramovat funkci zhasnutí či rozsvícení osvětlení krátkými stisky spodního nebo horního tlačítka a zároveň funkci stmívání dlouhými stisky stejných tlačítek. Tyto volby jsou však plně programovatelné, včetně definice krátkého a dlouhého stisku, a závisí tak spíše na pohodlí uživatele. Kombinace sběrníkové spojky a tlačítkového spínače je na Obr. 2-11.



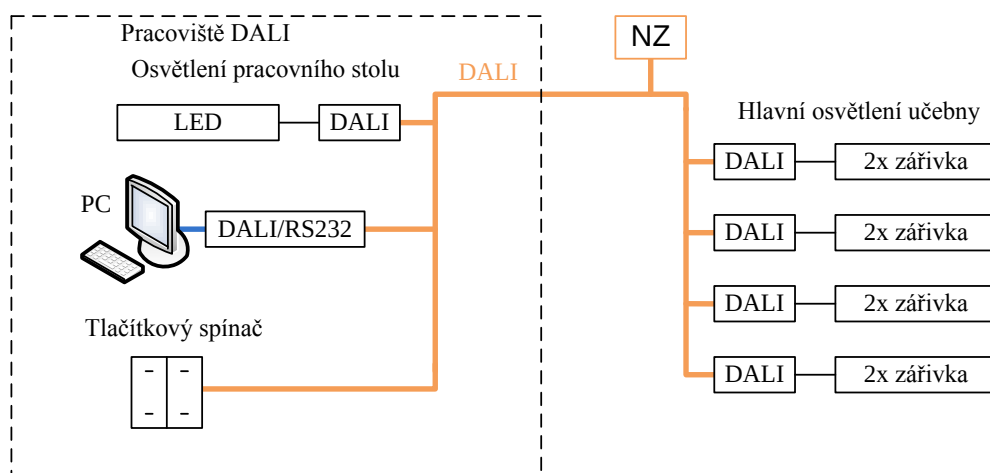
Obr. 2-11 – Sběrníková spojka ABB 6120/12-101-500 BA/U5.2 a v popředí tlačítkový spínač ABB 6126/02-500 [11]

2.2 Oddělená pracoviště

U návrhu dvou oddělených pracovišť bylo nutné splnit několik podmínek. První z nich byla, že každé pracoviště si klade za účel využívat jinou interface-technologie. To z toho důvodu, aby si studenti v laboratoři světelné techniky vyzkoušeli práci s různými, dnes nejpoužívanějšími technologiemi, a v praxi se tak seznámili s jejich funkcí. Jak už bylo zmíněno, pro tyto účely byly zvoleny technologie DALI a KNX.

2.2.1 Pracoviště DALI

Základem návrhu je možnost studentů používat část hlavního osvětlení učebny a lokální LED osvětlení pracoviště DALI k demonstrování funkčnosti parametrizace prvků DALI. Samozřejmostí je umístění předřadníku DALI před každým světelným zdrojem systému. Pro zářivkové světelné zdroje hlavního osvětlení byl použit zářivkový předřadník TRIDONIC PCA 2x58 T8 EXCEL one4all Ip otec. Schematické zapojení pracoviště a jeho spojení s částí hlavního osvětlení je na Obr. 2-12.



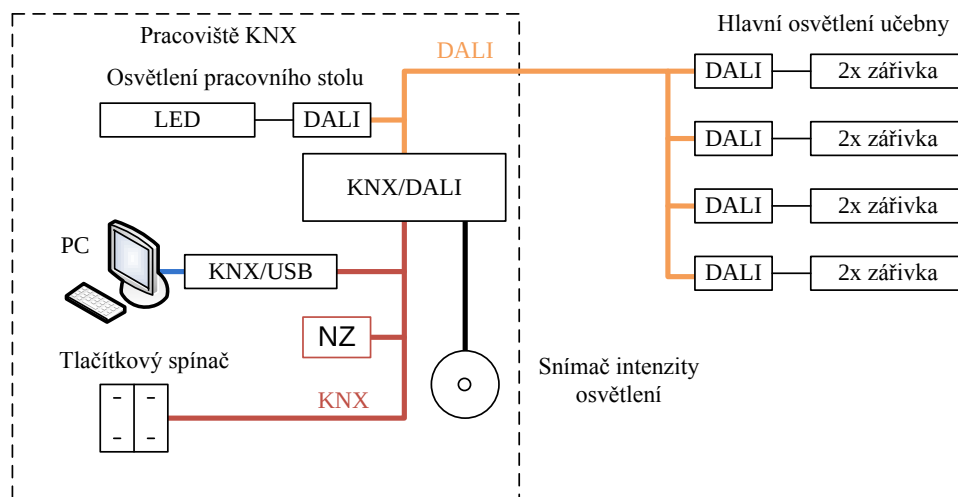
Obr. 2-12 – Pracoviště DALI

Z praktických důvodů je napájecí zdroj (NZ) sběrnice umístěn v rozvodné skříni u vstupu do učebny. Samotné pracoviště DALI se tedy skládá z následujících komponent, podrobně popsanych v kapitole 2.1.1:

- **Tlačítkový spínač** – slouží jako hlavní ovládací prvek pracoviště. Je možné na něm zároveň ovládat jak část umělého osvětlení učebny, tak lokální LED osvětlení pracoviště. Skládá se z čtyř-tlačítkového spínače GIRA a tlačítkového ovladače Foxtron DALI4sw.
- **PC s převodníkem DALI/RS232** – ve spojení se softwarem DALIconfig od firmy Foxtron s.r.o. tvoří interface pro programování všech programovatelných zařízení přímo připojených na sběrnici DALI.
- **Osvětlení pracovního stolu** – se skládá z předřadníku LED Foxtron proLED25, metrového pásu LED s hliníkovým chladičem a krytkou.

2.2.2 KNX pracoviště

Podobně jako u pracoviště DALI je možné na pracovišti KNX ovládat tlačítkovým spínačem jak lokální osvětlení pracovního stolu, tak část hlavního osvětlení učebny. Jako řídicí protokol byl zde zvolen KNX a jako podsystém, který je nainstalován na úrovni předřadníků osvětlení DALI. K tomu, aby se řídicí zprávy dostaly od tlačítkového spínače umístěného na KNX k DALI předřadníkům, bylo zapotřebí do návrhu zakomponovat i KNX/DALI kontrolér DLR/S8.16.1M. Schematické zapojení pracoviště je na Obr. 2-13.



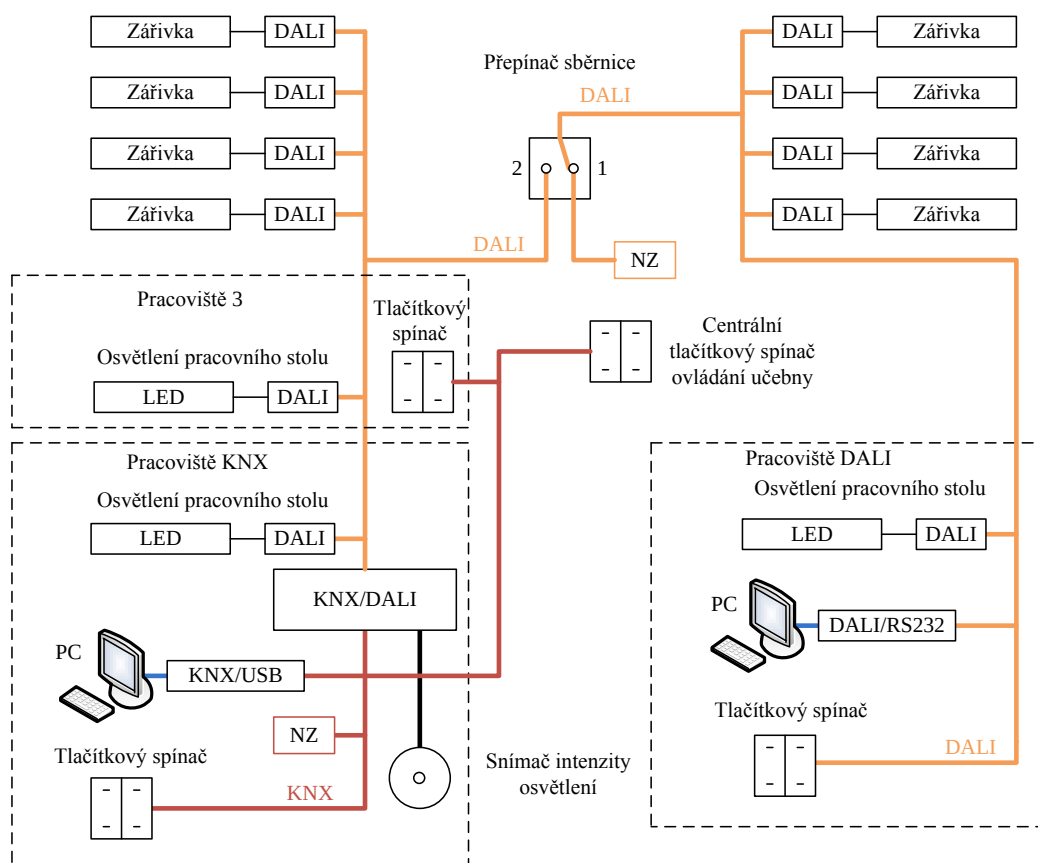
Obr. 2-13 – Pracoviště KNX

Konstrukčně je KNX/DALI kontrolér určen pro montáž na DIN lištu a tak je společně s napájecím zdrojem KNX umístěn v rozvodné skříni. Protože má kontrolér v sobě integrován napájecí zdroj na sběrnici DALI, není již zapotřebí tento zdroj do návrhu pro DALI sběrnici integrovat zvlášť. Samotné pracoviště KNX se tedy skládá z následujících komponent, podrobně popsanych v kapitole 2.1.2:

- **Tlačítkový spínač** – slouží jako hlavní ovládací prvek pracoviště. Je možné na něm zároveň ovládat jak část hlavního osvětlení učebny, tak lokální LED osvětlení pracoviště. Skládá se z čtyř-tlačítkového spínače ABB 6126/02-500 a sběrnicové spojky ABB 6120/12-101-500 BA/U5.2.
- **PC s USB Interface ABB i-bus® USB/s1.1** – v kombinaci se softwarem ETS umožňuje programování a monitorování zařízení připojené na KNX sběrnici a prostřednictvím KNX/DALI kontroléru i nastavení parametrů DALI předřadníků.
- **KNX/DALI kontrolér DLR/S8.16.1M** – je důležitou součástí celého návrhu. Bez něj by neprobíhala komunikace mezi KNX a DALI sběrnicemi. Přímě k němu se také připojuje snímač intenzity osvětlení LF/U 2.1, který umožňuje další dodatečné funkce řízení osvětlení.
- **Osvětlení pracovního stolu** – se skládá z předřadníku LED Foxtron proLED25, metrového pásu LED s hliníkovým chladičem a krytkou.

2.3 Centrální systém

Každé z pracovišť KNX a DALI používá jednu část hlavního osvětlení laboratoře. Je tak nutno vyřešit případ, kdy budeme chtít osvětlení ovládat centrálně. Konkrétně nebude-li probíhat výuka. A právě z tohoto důvodu pracoviště KNX používá jako řídicí systém osvětlení DALI ve spojení s nadřazeným KNX. Bylo tím tak umožněno, že v případě spojení obou větví pracovišť, bude osvětlení možno ovládat centrálně za pomoci tlačítkového spínače umístěného u vchodu do učebny. Celý návrh je schematicky naznačen na Obr. 2-14.



Obr. 2-14 – Centrální systém

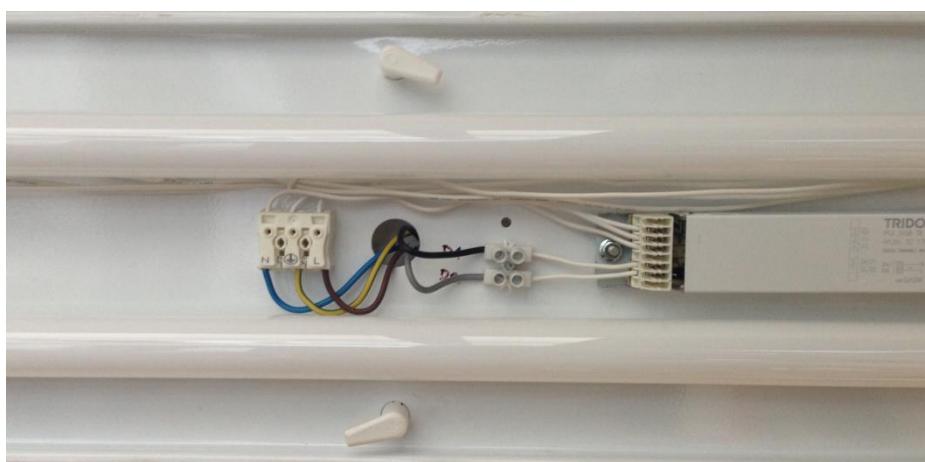
V případě přepnutí *Přepínače sběrnice* z polohy 1, kdy je *Pracoviště DALI* samostatné a zvlášť napájené z napájecího zdroje pro sběrnici DALI, do polohy 2, dojde k odpojení zdroje DALI a připojení celého *Pracoviště DALI* k ostatním pracovištím. O napájení sběrnice DALI se pak stará KNX/DALI kontrolér, který se tím stane jakým si srdcem učebny, tvořícím spojení mezi tlačítky umístěnými na KNX sběrnici a svítidly umístěnými na DALI sběrnici. Díky tomuto spojení pak bude i tlačítko, umístěném na *Pracovišti DALI*, umožněno kontrolovat celé hlavní osvětlení učebny. K široké využitelnosti KNX je pak možné na jeho sběrnici připojovat další rozšíření učebny. V učebně světelné techniky se nachází ještě jedno pracoviště, *Pracoviště 3*, které v návrhu disponuje KNX tlačítkem pro ovládání svého lokálního LED osvětlení i hlavního osvětlení. Teoretický základ a návrh vychází z [7].

3 Realizace návrhu

Realizace návrhu inteligentního řízení osvětlovacích soustav v laboratoři světelné techniky probíhala v několika fázích. Nejprve bylo nutné zjistit stávající stav elektroinstalace a zvážit možnosti využít některé její část pro naše účely. Poté proběhlo rozmístění chybějící kabeláže, a to jak silové, tak sběrníkových vodičů řídicích systémů. K tomuto účelu se využil stávající elektroinstalační parapetní kanál, který vede po obvodu učebny. Návrh obsahující umístění zásuvek, k nimž jsou vedeny vodiče, je součástí přílohy B. Na pracovních stolech byly rozmístěny prvky návrhu a připojeny k rozvodu v učebně. Poslední fází bylo umístění prvků inteligentní elektroinstalace do rozvaděčové skříně a provedení jejich zapojení. V následujících podkapitolách budou popsány jednotlivé bloky instalace i požadavky na konkrétní realizace.

3.1 Hlavní osvětlovací soustava

Stávající hlavní osvětlovací soustava se skládá ze dvou řad po čtyřech zářivkových svítidlech, z nichž každé svítidlo je vybaveno dvěma 58 W zářivkami. Každá z řad byla spínána zvlášť z dvojitého vypínače umístěného u vchodu do učebny. V rámci umístění centrálního tlačítka, viz kapitola 3.4, bylo kabelové vedení přesunuto v rámci elektroinstalačního kanálu od tlačítka do rozvaděče. Od každé řady svítidel vede kabel CYKY 5Cx 1,5, který obsahuje černý a šedý vodič, jež slouží jako DALI sběrnice. Na DALI sběrnici jsou připojeny DALI předřadníky TRIDONIC PCA 2x58 T8 EXCEL. Tyto předřadníky už byly v rámci předchozích měření v učebně součástí svítidel, a tak nebyla potřeba je instalovat, avšak pouze překontrolovat jejich zapojení, viz Obr. 3-1.

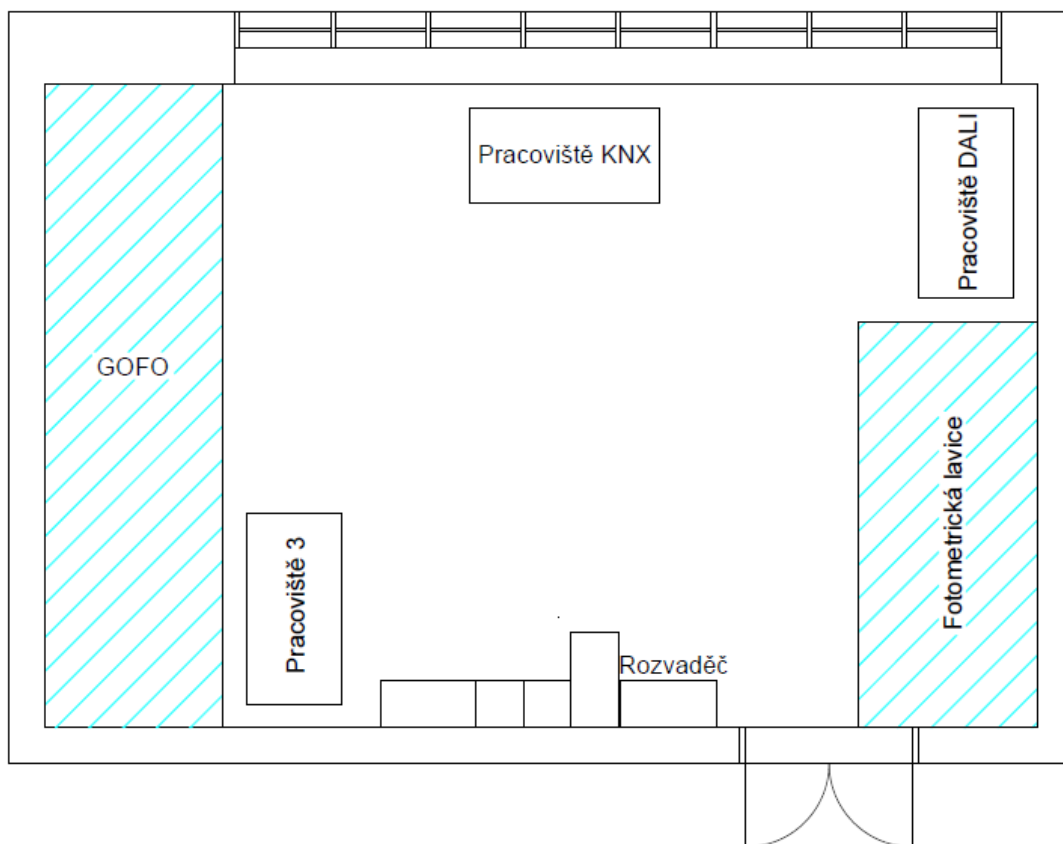


Obr. 3-1 – Zapojení předřadníku TRIDONIC PCA 2x58 T8 EXCEL

Mezi oběma řadami svítidel je umístěn senzor intenzity osvětlení. Senzor intenzity osvětlení je připojen konektorem se zámkem XINYA tak, aby jej bylo kdykoliv možné odpojit a připojit ho v rámci jiného měření k *Pracovišti KNX*, které kvůli tomuto účelu disponuje rovněž kabelovým rozvodem pro senzor.

3.2 Připojení a vybavení pracovišť

V učebně světelné techniky se nachází tři pracovní stoly. Jedná se o speciální laboratorní stoly, které obsahují funkční bloky pro kalibraci a měření svítidel. Z důvodu záruky byl daný jeden z hlavních požadavků na instalaci a to ten, že nesmí dojít k jakémukoliv zásahu do stolů a veškerá provedená instalace inteligentního řízení osvětlení musí být bez následků plně odstranitelná. V průběhu měření v laboratoři výjimečně dochází i k občasnému odsunování a přesouvání pracovních stolů, jejich připojení ke sběrnicím musí být tedy řešeno tak, aby v případě potřeby bylo možné stoly odpojit a posléze znovu připojit. Umístění pracovišť je znázorněno na Obr. 3-2.



Obr. 3-2 – Umístění pracovišť v učebně

Na základě těchto požadavků byla na elektroinstalačním parapetním kanálu u každého stolu nainstalována zásuvka a konektorové připojení sběrnice. Umístění je v souladu s dosavadní elektroinstalací a plynule na ni navazuje. Zásuvka a konektorové připojení *Pracoviště 3* a *Pracoviště DALI* je vidět na Obr. 3-3.

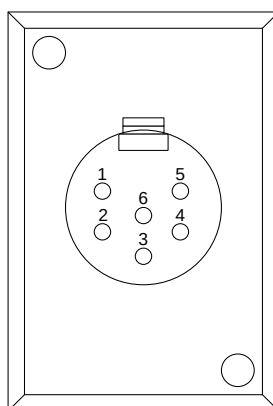


Obr. 3-3 – Připojení Pracoviště 3 a Pracoviště DALI

Jednotlivé zásuvky u všech třech pracovišť slouží k napájení elektronických předřadníků LED svítidel místního osvětlení pracovišť. Tyto zásuvky jsou zapojeny do zvláštního okruhu s vlastním jističem a dají se kdykoliv vypnout pomocí technologického vypínače, kapitola 3.3. Sběrníkový konektor je čtyřpólový a na *Pracovišti KNX* šesti pólový. Protože jsou všechna pracoviště vybavena LED předřadníkem DALI, sběrníkový konektor každého pracoviště obsahuje připojení na DALI sběrnici. *Pracoviště 3* a *Pracoviště KNX* i propojení na KNX sběrnici, a šesti-pólový konektor *Pracoviště KNX* je navíc ještě vybaven připojením na vedení snímače intenzity osvětlení. Zapojení šesti-pólového konektoru XLR pracoviště KNX je znázorněno v Tab. 3-1, rozložení pinů v panelovém konektoru XLR je na Obr. 3-4.

Číslo pinu	Funkce
1	KNX +
2	KNX –
3	DALI
4	DALI
5	Senzor intenzity osvětlení +
6	Senzor intenzity osvětlení –

Tab. 3-1 – Zapojení pinů XLR konektoru pracovišť



Obr. 3-4 – Panelový konektor XLR

Čtyř pólový konektor ostatních pracovišť má shodné zapojení prvních čtyř pinů, nemůže tedy dojít k zakázanému stavu propojení sběrnice KNX a DALI, ani při přesunu stolů pracovišť k jiné zásuvce.

Pracoviště KNX má navíc vedle samice panelového konektoru XLR vyvedenu sběrnici KNX, která přímo připojuje USB interface, Obr. 3-5.



Obr. 3-5 – Pracoviště KNX – umístění USB Interfacu

Z konektoru XLR na panelu elektroinstalačního parapetního kanálu, vede kabel J-Y(ST)Y 2x2x0,8 nebo 1x2x0,8, podle potřeby pracoviště používat dva vodiče pouze pro DALI, či čtyři vodiče pro DALI a KNX. Dodržena byla přitom konvence, že KNX využívá barevné označení červená + a černá -. Zbylé vodiče, v případě J-Y(ST)Y 2x2x0,8 žlutý a bílý, jsou využity pro vodiče sběrnici DALI. Kabel vede z panelu do tlačítka, odkud DALI sběrnice pokračuje dále do LED předřadníku proLED25. Výjimkou je *Pracoviště DALI*, kde sběrnice DALI není v tlačítku jen průběžná, ale je zde ke sběrnici DALI připojen tlačítkový ovladač DALI4sw.

Tlačítka byla na pracovních stolech umístěna na pravém sloupku a to za pomoci oboustranné lepicí pásky a dvou stahovacích pásek. Provedení je znázorněno na Obr. 3-6, kde jsou vidět oba typy tlačítek, jak KNX tlačítko, tak DALI tlačítko, které představuje tlačítkový ovladač DALI4sw, integrovaný a připojený k tlačítkovému strojku od společnosti GIRA.



Obr. 3-6 – Umístění tlačítek na pracovních stolech, KNX tlačítko (vpravo) a DALI tlačítko (vlevo)

Podobně jako tlačítka jsou i DALI předřadníky proLED25 připevněny k pravému sloupku, avšak ze zadní části, nejprve oboustrannou lepicí páskou a poté zajištěny plastovými stahovacími pásky. U předřadníku však nebylo možné udělat zásah do jeho zapouzdrazení a tak je stahovací pásek obepnut kolem celého předřadníku, s přihlédnutím na možnost kdykoliv otevřít jeho kryt.

Zapojení předřadníku je v souladu s jeho dokumentací [13]. Na svorky N a L jsou připojeny vodiče vedoucí k zásuvce připojení stolu. Na svorky DA je připojena DALI sběrnice, vedoucí z KNX respektive DALI tlačítka a na svorky SEC je ve správné polarizaci připojeno LED svítidlo pracoviště. Před uvedením do chodu bylo nutné správně nastavit DIP přepínače tak, aby se předřadník pro LED svítidlo choval, jako stabilizovaný zdroj napětí 12 V. Korektní nastavení DIP přepínačů (S1) je tedy takové, že první a třetí vypínač je v pozici OFF, ostatní v pozici ON. Umístění předřadníku na zadní část pravého sloupku stolu a vedení kabeláže je vidět na Obr. 3-7.



Obr. 3-7 – Umístění DALI předřadníky proLED25

Z předřadníku je vyvedeno napájení LED svítidla, které bylo umístěného pod vrchním panelem stolu za pomoci oboustranné lepicí pásky. Svítidlo se sestává z jednoho metru LED pásky o příkonu 4,8 W a hliníkového chladiče. Detail umístění a uchycení přívodních vodičů napájení je na Obr. 3-8.

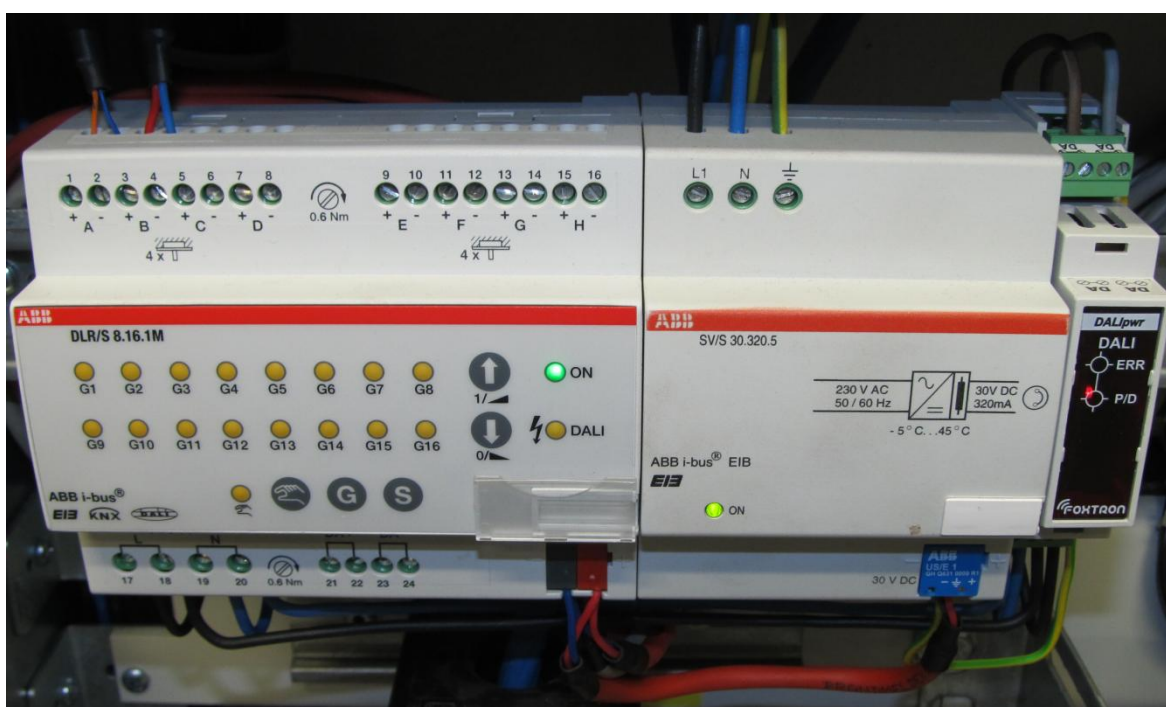


Obr. 3-8 – Umístění LED svítidla na pracovišti

USB Interface na *Pracovišti KNX* je přímo připojen pomocí USB kabelu k PC, kde je nainstalován software *ETS4*. Pomocí signalizačních LED přístroje je možné indikovat korektní připojení USB kabelu a sběrnice KNX. PC *Pracoviště DALI* je připojeno ke sběrnici DALI přes sériové rozhraní RS232 a převodník Foxtron DALI232. DALI sběrnice je v tomto případě vyvedena z LED předřadníku *Pracoviště DALI*.

3.3 Vybavení rozvaděčové skříně

Do rozvaděčové skříně, umístěné v učebně, jsou přivedeny všechny silové i sběrníkové kabely. Pro umístění KNX/DALI kontroléru, zdroje KNX a zdroje DALI byla použita čtvrtá DIN lišta zhora rozvaděče, která byla z větší části nevyužita. Na její levou část byly umístěny přístroje a na pravou část svorky. Svorky jsou použity pro uzlové rozvětvení sběrnice DALI a pro spojení silových vodičů osvětlení. Přístroje i svorky jsou v pozicích na DIN liště zajištěny speciálními fixujícími svorkami. Podle [8] by každá instalace KNX měla obsahovat alespoň jednu přepět'ovou ochranu. Ta byla v instalaci integrována místo sběrníkové svorky KNX zdroje. Jedná se o prvek US/E1, který je na Obr. 3-9 vidět jako modrá kostička. Z přepět'ové ochrany pak krom sběrníkových vodičů vede zemnicí vodič do zemnicí svorky, umístěné vedle zdroje DALI.



Obr. 3-9 – Umístění přístrojů v rozvaděčové skříně

Těsně nad rozvaděčem jsou umístěny *Technologické vypínače*, které jsou složeny z jednoho jednoduchého vypínače, jednoho dvojitého vypínače a jednoho dvojitého schodišťového vypínače. První vypínač slouží pro vypnutí napájení pro sběrníkové zdroje a prvky. To se vzhledem ke stálému odběru předřadníků a přístrojů sběrnice může ideálně využít v prázdninovém režimu učebny, kdy nebude po delší dobu nikdo v učebně přítomen. Nebo například pro simulaci výpadku napájení sběrnice pro výukové účely. Vypnutím sběrnice je však znemožněno spínání osvětlení KNX a DALI tlačítky. Právě pro řešení tohoto problému je mezi *Technologické vypínače* zařazen dvojitý vypínač, který levou klapkou ovládá napájení hlavního osvětlení a pravou klapkou napájení LED osvětlení pracovišť. To znamená, že i za nepřítomnosti sběrníkového napájení jsme schopni předřadníky DALI ovládat svítidla tímto dvojitým vypínačem. Poslední vypínač je dvojitý schodišťový vypínač. Slouží k přepínání jedné řady hlavního osvětlení a sběrnice *Pracoviště DALI*, mezi samostatným zdrojem DALI a KNX/DALI kontrolérem

tak, aby bylo možné učebnu ovládat centrálně. Kompletní schéma zapojení přístrojů v rozvaděčové skříni, včetně zapojení *Technologických vypínačů* je v příloze A.

3.4 Centrální tlačítko

Jeden z hlavních požadavků na návrh inteligentního řízení osvětlení v laboratoři světelné techniky byl takový, aby učebnu bylo možné ovládat za pomoci jediného tlačítka, a to tlačítka umístěného u vchodu do učebny. Před instalací byl na místě umístěn klasický dvojitý vypínač se zásuvkou, který ovládal zvlášť každou řadu hlavního osvětlení svítidel v učebně. Při výměně na tlačítko KNX musel být spolu s tlačítkem vyměněn rámeček i zásuvka tak, aby bylo vše návrhově kompatibilní. Samozřejmě muselo dojít i k přivedení sběrnice KNX. Stávající silové vedení od osvětlení bylo přesunuto v rámci elektroinstalačního kanálu do rozvaděčové skříně.

Tlačítko obsahuje dvě vodorovné kolébky, z nichž horní centrálně ovládá hlavní osvětlovací soustavu a spodní kolébka centrálně místní LED osvětlení pracovišť. Je tedy možné centrálně vypnout veškeré osvětlení v učebně, například při odchodu z učebny. Tlačítko v sobě zároveň integruje i funkci stavových LED, které slouží k upozornění, že některé z oken učebny zůstalo otevřené, červené podsvícení. Je-li podsvícení zelené, všechny okna jsou zavřená, Obr. 3-10.



Obr. 3-10 – Centrální tlačítko u vchodu do učebny

Barvu stavových LED tlačítek řídí univerzálních rozhraní KNX US/U 4.2, nainstalované v elektroinstalačním parapetním kanálu pod okny. Z tohoto rozhraní pak z pinů 2 a 3 [12] vede dvojlinka spojující kruhově magnetické senzory umístěné na oknech, tak aby piny indikovaly rozepnutý kontakt při otevření alespoň jednoho okna.

V následujících kapitolách si podrobně popíšeme oživení a parametrizaci prvků návrhu tak, aby splňovaly všechny požadavky na funkčnost.

4 Zprovoznění systému osvětlovacích soustav

Po instalaci příslušných prvků návrhu a jejich vzájemném propojení, chybí instalaci k funkčnosti už jen parametrizace a kalibrace jednotlivých přístrojů. Pro tuto úlohu slouží programové nástroje. Pro parametrizaci prvků KNX využijeme software *ETS4* ve verzi Lite, který umožňuje parametrizaci maximálně 20 přístrojů, což je pro naši instalaci postačující. Kalibraci snímače intenzity osvětlení provedeme přes nástroj *LRS-Tool*, a doplňkovou adresaci pro DALI předřadníky hlavního osvětlení a jejich přiřazení do skupin přes nástroj *DGS-Software-Tool*. Oba nástroje jsou dodávány společně s KNX/DALI kontrolérem DLR/S8.16.1M. Parametrizaci DALI pracoviště realizujeme prostřednictvím konfiguračního softwaru *DaliConfig* od společnosti Foxtron s.r.o.

4.1 Požadavky na funkčnost inteligentní elektroinstalace

Hlavním vodítkem pro parametrizace jednotlivých prvků jsou požadavky na funkčnost inteligentní elektroinstalace v laboratoři světelné techniky. Budeme-li se zabývat stavem, kdy je technologický vypínač ve stavu *Centrální řízení*, tedy DALI pracoviště je připojeno, jsou požadavky na funkčnost tlačítek uvedeny v následující tabulce:

Tlačítko	Prvek tlačítka	Požadovaná funkčnost
Centrální tlačítko	Kolébka 1	Krátký stisk – spínání hlavního osvětlení Dlouhý stisk – stmívání hlavního osvětlení
	Kolébka 2	Krátký stisk – spínání LED osvětlení pracovišť Dlouhý stisk – stmívání LED osvětlení pracovišť
	Stavové LED	Indikace stavu otevření okna laboratoře
KNX pracoviště	Kolébka 1	Krátký stisk – spínání hl. + LED osvětlení pracovišť Dlouhý stisk – stmívání hl. + LED osvětlení pracovišť
	Kolébka 2	Krátký stisk – spínání LED osvětlení Pracoviště 3 Dlouhý stisk – stmívání LED osvětlení Pracoviště 3
	Stavové LED	Indikace stavu otevření okna laboratoře
DALI pracoviště	Kolébka 1	Krátký stisk – spínání LED osvětlení DALI pracoviště Dlouhý stisk – stmívání LED osvětlení DALI pracoviště
	Kolébka 2	Krátký stisk – spínání hlavního osvětlení Dlouhý stisk – stmívání hlavního osvětlení
Pracoviště 3	Kolébka 1	Krátký stisk – spínání hl. + LED osvětlení pracovišť Dlouhý stisk – stmívání hl. + LED osvětlení pracovišť
	Kolébka 2	Krátký stisk – spínání LED osvětlení Pracoviště 3 Dlouhý stisk – stmívání LED osvětlení Pracoviště 3
	Stavové LED	Indikace stavu otevření okna laboratoře

Tab. 4-1 – požadavky na funkčnost inteligentní elektroinstalace

Z tohoto přehledu pak vychází parametrizace i KNX/DALI kontroléru a univerzálního rozhraní KNX US/U 4.2.

4.2 Parametrizace a kalibrace KNX

Před začátkem samotné parametrizace je nutné seznámit se s principiálním postupem vytváření projektu a posléze s jeho zprovozněním prostředím ETS4. Některé body lze vynechat či se k nim vracet v průběhu tvorby projektu. Postup vytváření projektu:

- Spuštění ETS4
- Základní nastavení ETS4
- Import databáze produktů
- Založení projektu
- Vytvoření struktury budovy a umístění rozvaděče
- Vložení přístrojů do místnosti a rozvaděče
- Nastavení požadovaných parametrů přístrojů KNX
- Vytvoření struktury skupinových adres
- Přiřadit skupinové adresy ke skupinovým objektům
- Upravit topologické uspořádání a individuální adresy
- Překontrolovat projekt

Postup při zprovožňování systémové instalace KNX:

- Lokálně naprogramovat rozhraní USB
- Naprogramovat individuální adresy účastnickým přístrojům
- Odeslat aplikační programy všem účastnickým přístrojům
- Vyzkoušet funkčnost
- Případná diagnostika

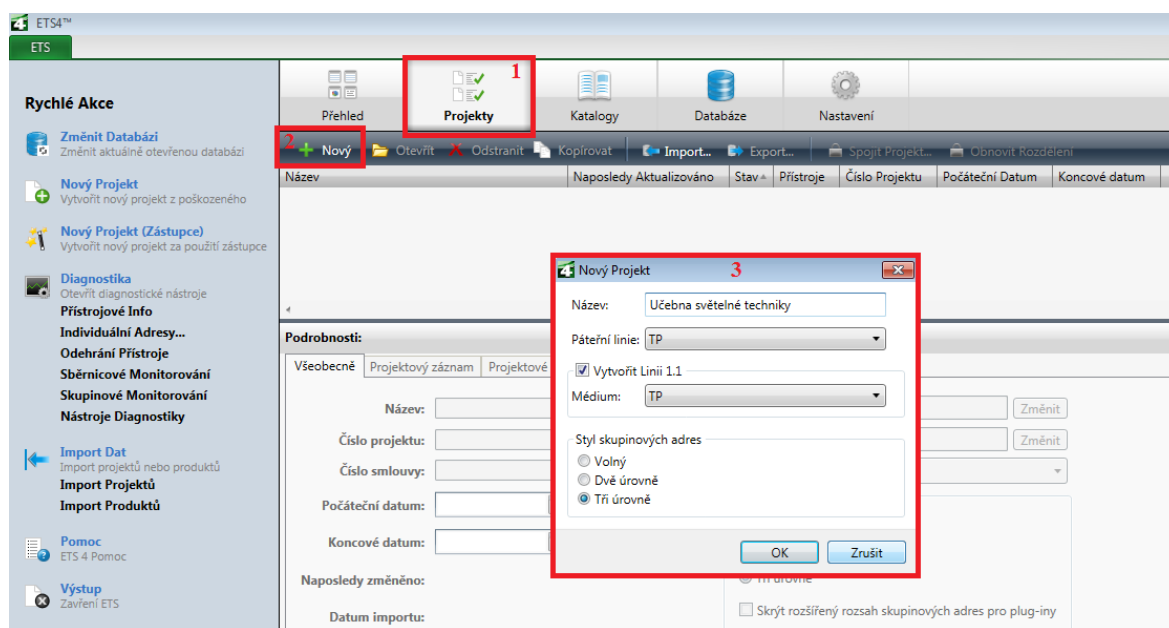
Po spuštění ETS4 nejprve provedeme základní nastavení v záložce *Nastavení* hlavního vodorovného menu a přidáme USB interface, pomocí kterého budeme přistupovat na KNX sběrnici a nahrávat konfiguraci do zařízení v podobě aplikačních programů. Jeho přidání provedeme pomocí tlačítka *Nový* v záložce *Komunikace* okna *Nastavení*. V následném dialogovém okně vyplníme název *ABB STOTZ-KONTAKT GmbH*, *Typ: USB*, a USB přístroj *ABB STOTZ-KONTAKT GmbH*. Okno potvrdíme *OK*. Nutno zdůraznit, že ETS4 v sobě implementuje samo ukládací funkci, tedy jakákoli změna je okamžitě uložena a kdykoli může dojít k vypnutí programu bez ztrát na obsahu, vyjma procesu nahrávání adres a aplikačních programů do zařízení.

Před vytvořením samotného projektu je třeba ještě importovat databázi produktů. Ta samozřejmě musí obsahovat všechny přístroje ABB, které v projektu použijeme. Databázi produktů ABB lze získat z [6]. Import nalezneme v záložce *Katalogy* pod odkazem *Import* nebo přímo z levého zrychleného menu. Průvodce importem nás pak

provede celým postupem, na konci kterého se nám v okně *Katalogy* zobrazí importované katalogy s konkrétními produkty.

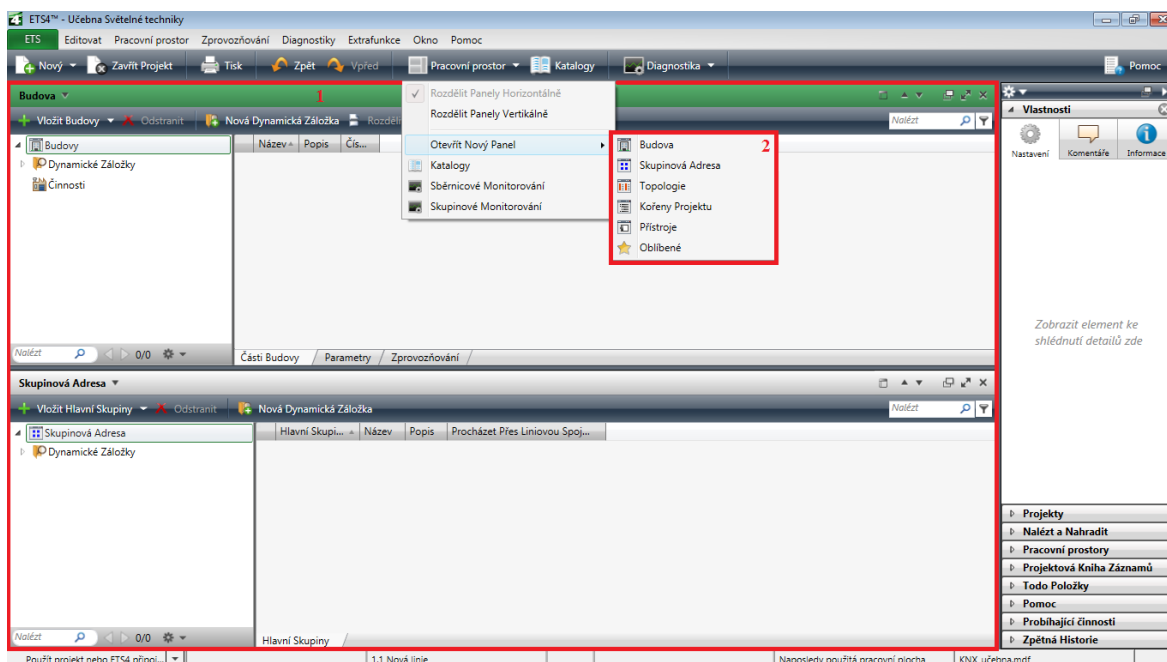
Založení Projektu

Nyní už máme vše připraveno k vytvoření nového projektu. V záložce *Projekty* klikneme na tlačítko *Nový*, zadáme název projektu *Učebna světelné techniky*, páteřní linii zvolíme *TP*, stejně tak jako médium, protože v celé instalaci používáme jako médium sběrnice pouze kroucený pár. Styl skupinových adres necháme na *Tři úrovně*. Založení projektu je graficky znázorněno a očíslováno na Obr. 4-1.



Obr. 4-1 – ETS4 – Založení projektu

Projekt otevřeme, přičemž před sebou máme návrhové pracovní prostředí. Hlavní část, ohraničená červeným oknem 1 na Obr. 4-2, *Pracovní prostor* slouží pro tvorbu projektu. Máme na výběr z několika pracovních prostorů, z nichž většinu budeme dále používat. Můžeme mezi nimi libovolně přepínat pomocí nabídky *Otevřít Nový Panel* v menu *Pracovní prostor*, okno 2.



Obr. 4-2 – ETS4 – Pracovní prostor

Vytvoření struktury budovy a umístění rozvaděče

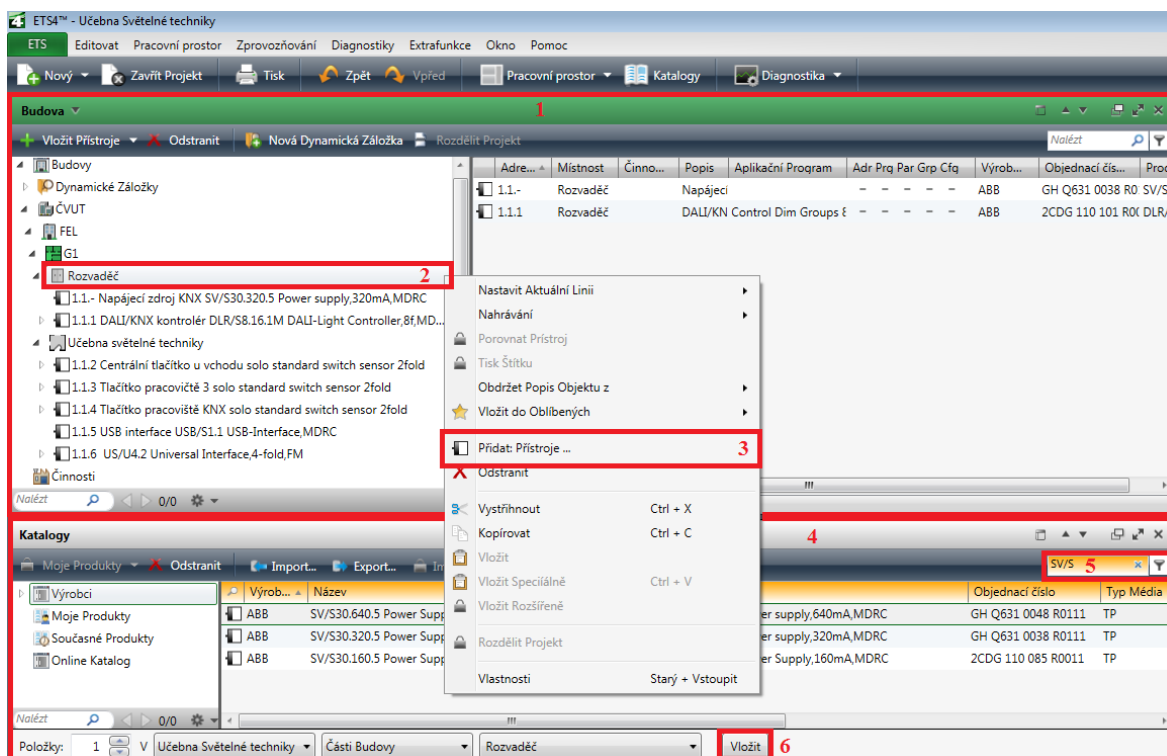
Vytvoření struktury budovy a umístění rozvaděče budeme provádět v pracovním prostoru *Budova*, kde postupně pomocí vkládací možnosti vložíme do struktury budovu (*ČVUT*), část budovy (*FEL*), podlaží (*G1*), místnost (*Učebna světelné techniky*) a rozvaděč (*Rozvaděč*). Názvy uvedeny v závorkách vložíme buď přímo v dialogovém okně tvorby, nebo v pravém navigačním menu *Vlastnosti*, při označení konkrétní položky.

Vložení přístrojů do místnosti a rozvaděče

Nyní je třeba vložit do rozvaděče a místnosti příslušné přístroje. V pracovním prostoru *Budova* klikneme pravým tlačítkem na *Rozvaděč*, respektive na *Učebna světelné techniky* a v nabídce na *Přidat přístroje*. Automaticky se otevře pracovní prostor *Katalogy*, kde jsou námi importované přístroje. Přístroje po jednom vyhledáme a vložíme. Postup je graficky znázorněn na Obr. 4-3. V Tab. 4-2 je znázorněno rozložení přístrojů a jejich popis, který pro lepší přehlednost vložíme do vlastností příslušného přístroje.

Místo	Kód v katalogu	Popis přístroje	Individuální adresa
Rozvaděč	SV/30.320.5	Napájecí zdroj KNX	
	DLR/S8.16.1M	KNX/DALI kontrolér	1.1.1
Učebna světelné techniky	612x/01-500 pro TP	Tlačítko pracoviště KNX	1.1.2
	612x/01-500 pro TP	Tlačítko pracoviště 3	1.1.3
	612x/01-500 pro TP	Centrální tlačítko u vchodu	1.1.4
	USB/S1.1	USB interface	1.1.5
	US/U4.2	Snímač otevření oken	1.1.6

Tab. 4-2 – ETS4 - Tabulka přístrojů

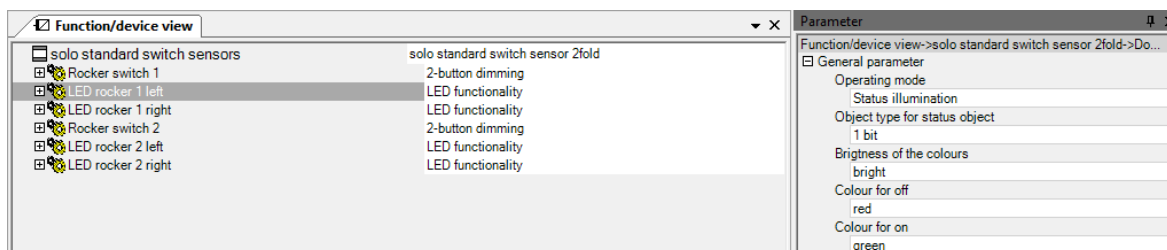


Obr. 4-3 – ETS4 – Vkládání přístrojů

Vložíme-li prvky v přesném pořadí jako je naznačeno v Tab. 4-2, *Individuální Adresy*, které jim budou vygenerovány, nebude potřeba nijak měnit. V opačném případě lze adresu jednoduše změnit ve vlastnostech příslušného přístroje.

Nastavení požadovaných parametrů přístrojů KNX

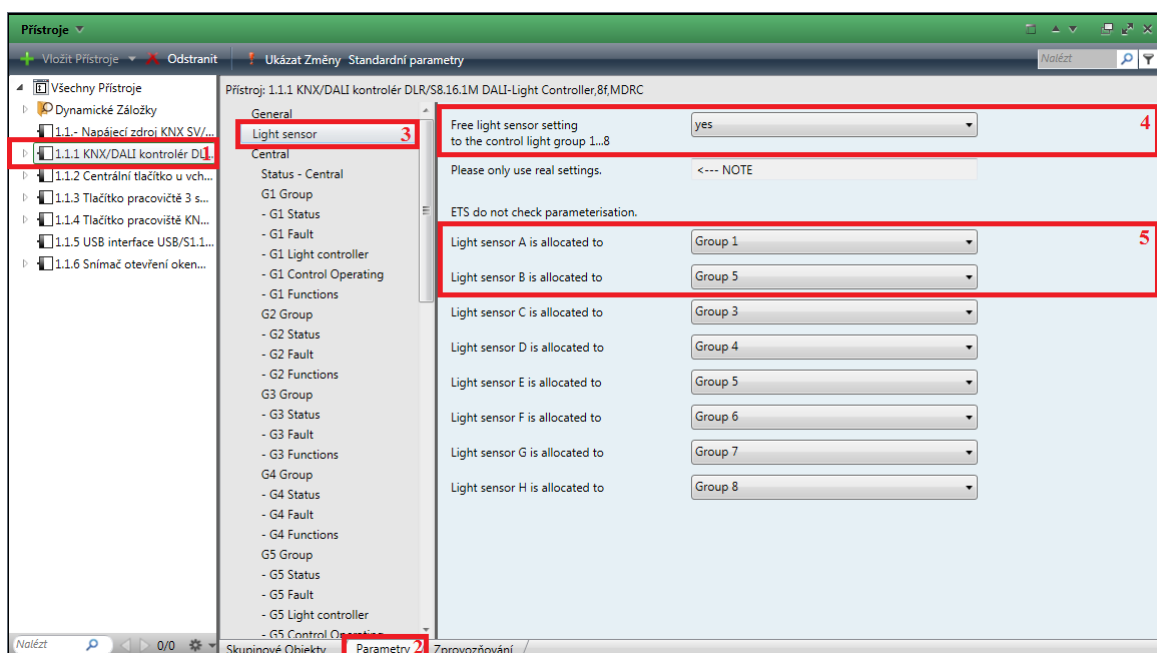
Dalším krokem je nastavení parametrů přístrojů KNX. Otevřeme si pracovní prostor *Přístroje*, zde vidíme všechny námi vložené přístroje, jejich popis a do jaké místnosti patří. Označíme si nejprve *Centrální tlačítko u vchodu* a ve spodní části okna otevřeme záložku *Parametry*. V ní je pak odkaz *Otevřít pro produkt specifické parametrické okno*, které otevřeme. Nastavení funkcionality tlačítek a stavových LED provedeme podle Obr. 4-4. Nezapomeneme změnit specifické parametry všech stavových LED, u tlačítkových spínačů, parametry není třeba měnit. Po zavření okna jsou změny automaticky uloženy.



Obr. 4-4 – ETS4 – Parametrické okno tlačítka a jeho funkcionality

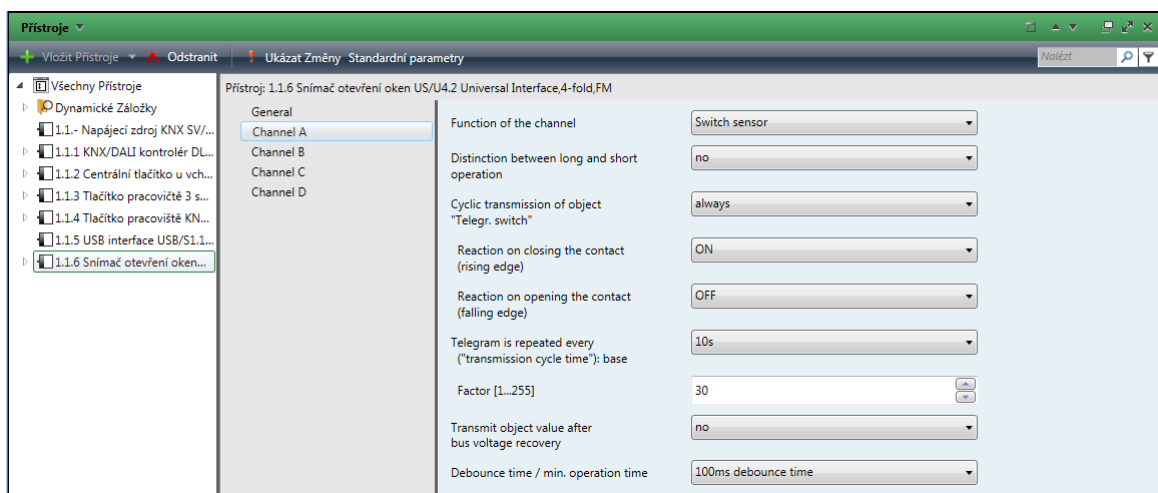
Shodné nastavení funkcionality tlačítek je třeba nastavit stejným postupem i u ostatních tlačítek.

K parametrizaci KNX/DALI kontroléru se již neotvírá specifické parametrické okno, ale vše je přístupné přímo z okna *Parametry* programu ETS4. Zde máme možnost parametrizovat až 16 světelných skupin, *G1 – G16 Group*, z nichž budeme používat prvních pět. Po označení *G1 Group* si nastavíme pro skupinu jedna jméno, *Name*, *Hlavní osvětlení*. Upravíme parametr *Brightness value when turn ON* na *previous value*, který nám určuje, že daná skupina bude rozsvícena na hodnotu před předešlým vypnutím. *Select additional function* nastavíme na *Light control*, aby bylo možné tuto skupinu řídit pomocí snímače intenzity osvětlení. To samé nastavení parametrů provedeme pro *G5 Group*, kterou pojmenujeme *DALI Domeček*. Tato skupina je věnována kompatibilitě s diplomovou prací zabývající se návrhem a realizací modelu pro simulaci osvětlovací soustavy. Díky tomu tak bude možné využít řízení na konstantní úroveň osvětlenosti i uvnitř modelu. U ostatních skupin nastavíme pouze parametr *Brightness value when turn ON* na *previous value* a provedeme změnu jejich jména. Pro *G2 Group – Pracoviště KNX*, pro *G3 Group – Pracoviště DALI* a pro *G4 Group – Pracoviště 3*. Posledním parametrem, který musíme nastavit pro KNX/DALI kontrolér, je přiřazení snímače intenzity osvětlení k *Hlavnímu osvětlení* a *DALI Domečku*. V záložce *Light sensor* nastavíme uvolnění nastavení senzorů na *yes* a přiřadíme snímač označený *Light sensor A* k ovládání *Group 1* a *Light senzor B*, ke skupině *Group 5*, viz Obr. 4-5.



Obr. 4-5 – ETS4 – Přiřazení snímače intenzity osvětlení

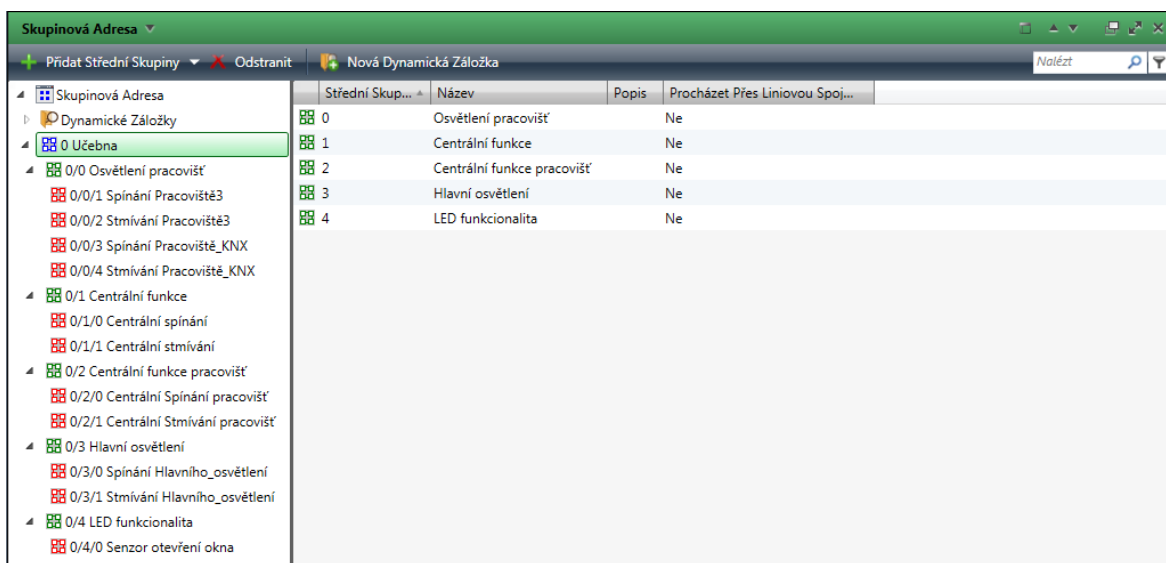
Aby snímač otevření oken reagoval na rozpojení magnetického kontaktu odesláním zprávy o změně stavu, která následně způsobí změnu podbarvení stavových LED tlačítek, je třeba otevřít parametrizaci Snímače otevření oken a přepnout *Channel A* do funkce *Switch sensor*. Parameter *Debounce time* nastavíme na 100ms. Tento parametr nám řeší problém při zavírání či otvírání okna, kdy se kontakty blíží do těsné blízkosti a může dojít ke kmitům mezi sepnutým a rozepnutým stavem, což může působit nepříjemné blikání stavových LED tlačítka. Nastavení ostatních parametrů je na Obr. 4-6.



Obr. 4-6 – ETS4 – Parametrizace snímače otevření oken

Vytvoření struktury skupinových adres

Nepostradatelným bodem pro správnou funkci komunikace mezi přístroji je vytvoření struktury skupinových adres. Při tvorbě projektu jsme si zvolili pro lepší přehlednost tříúrovňové schéma. Schéma podle Obr. 4-7 vytvoříme v pracovním prostoru *Skupinová Adresa* podobně jako při tvorbě místností v pracovním prostoru *Budova*.



Obr. 4-7 – ETS4 – Skupinové adresy

Nejprve tedy vložíme hlavní skupinu *Učebna*, poté střední skupiny a nakonec jednotlivé skupinové adresy. Adresa 0/0/0 je rezervovaná pro celoplošné hlášení komunikace se všemi účastníky [8].

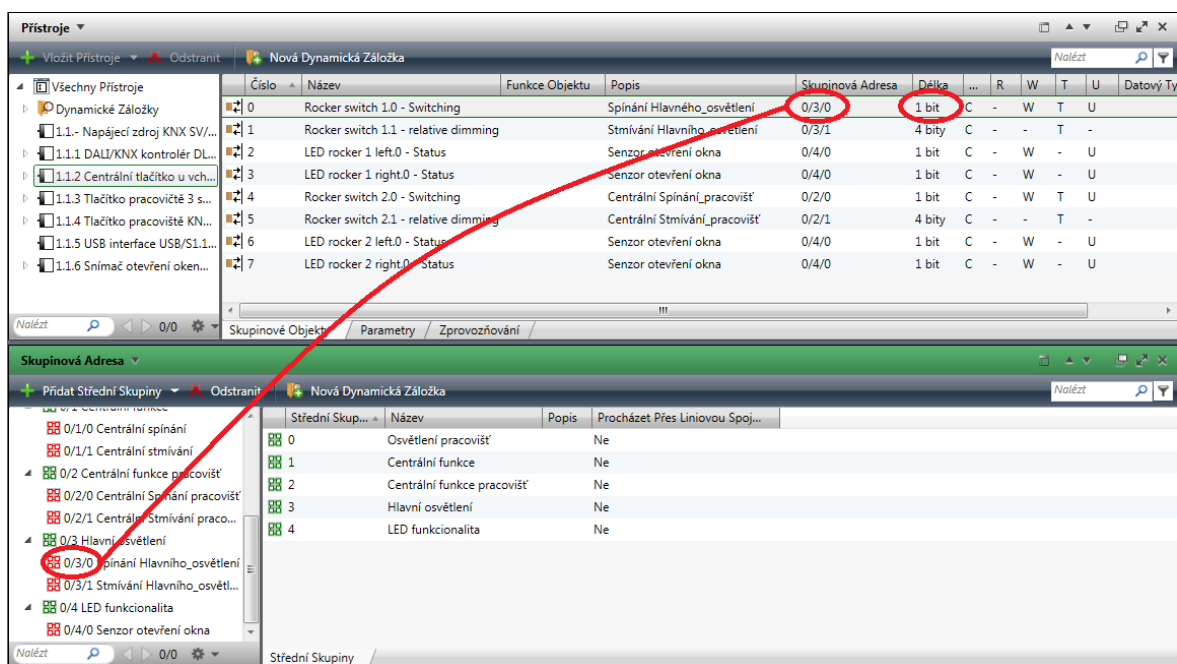
Komunikace mezi přístroji probíhá pomocí skupinových adres. Nutno podotknout, že akčnímu členu lze přiřadit libovolný počet skupinových adres, avšak snímače, v našem případě tlačítka a rozhraní senzoru otevření okna, odesílají pouze prostřednictvím jedné skupinové adresy. To znamená, že například jedním stiskem tlačítka se odešle pouze jeden telegram obsahující skupinovou adresu, který ale bude řídit více předřadníků osvětlení,

akčních členů. Skupinová adresa má také bitový rozměr, a to podle její funkce. Příkladem může být jednobitová funkce *spínání*, kdy tlačítko pošle prostřednictvím skupinové adresy příkaz sepní, tedy hodnota bitu 1 nebo příkaz zhasni, hodnota bitu 0. Oproti tomu funkce *stmívání* má bity 4 a to z důvodu přímé možnosti odeslání určité relativní hodnoty jasů akčnímu členu.

Přirazení skupinové adresy ke skupinovým objektům

Aby bylo možné skupinovou adresu s přístroji spárovat, jsou definovány *skupinové objekty*, které reprezentují jednotlivé funkce přístroje. Naším úkolem nyní tedy bude spárovat jednotlivé skupinové objekty se skupinovými adresami, kterými budou objekty komunikovat.

Nejprve si otevřeme oba pracovní prostory, které budeme potřebovat, *Přístroje* a *Skupinová adresa*, současně. Předtím, než začneme centrálnímu tlačítku přiřazovat na jeho skupinové objekty příslušné skupinové adresy, zapíšeme pro přehlednost ke skupinovým objektům tlačítka do popisu, co jednotlivý objekt vykonává, viz Obr. 4-8. Popis u tohoto tlačítka souhlasí s názvem příslušné skupinové adresy, a tak už můžeme jen označením a přetáhnutím ze směru od skupinové adresy do řádku příslušného skupinového objektu přiřadit skupinovou adresu skupinovému objektu.



Obr. 4-8 – ETS4 – Přirazení skupinových adres skupinovým objektům.

Na Obr. 4-8 je rovněž vidět, jaký má skupinový objekt bitový rozměr. Dále pak budeme pokračovat v přiřazování skupinové adresy ke skupinovým objektům a popisování podle následující Tab. 4-3.

Přístroj	Číslo skupinového objektu	Skupinová adresa	Popis
Centrální tlačítko	0	0/3/0	Spínání Hlavního _osvětlení
	1	0/3/1	Stmívání Hlavního _osvětlení
	2,3,6,7	0/4/0	Stavové LED
	4	0/2/0	Centrální spínání _pracovišť
	5	0/2/1	Centrální stmívání _pracovišť
KNX pracoviště	0	0/1/0	Centrální funkce
	1	0/1/1	Centrální stmívání
	2,3,6,7	0/4/0	Stavové LED
	4	0/0/3	Spínání Pracoviště_KNX
	5	0/0/4	Stmívání pracoviště_KNX
Tlačítko pracoviště 3	0	0/1/0	Centrální spínání _pracovišť
	1	0/1/1	Centrální stmívání _pracovišť
	2,3,6,7	0/4/0	Stavové LED
	4	0/0/1	Spínání Pracoviště_3
	5	0/0/2	Stmívání Pracoviště_3
KNX/DALI kontrolér	30	0/3/0, 0/1/0	Spínání Hlavního _osvětlení
	34	0/3/1, 0/1/1	Stmívání Hlavního _osvětlení
	42	0/0/3, 0/2/0, 0/1/1	Spínání Pracoviště_KNX
	46	0/0/4, 0/2/1, 0/1/4	Stmívání Pracoviště_KNX
	54	0/2/0, 0/1/0	Spínání Pracoviště_DALI
	58	0/2/1, 0/1/1	Stmívání Pracoviště_DALI
	66	0/0/1, 0/2/0, 0/1/1	Spínání Pracoviště_3
	70	0/0/2, 0/2/1, 0/1/4	Stmívání Pracoviště_3
Snímač otevření oken	1	0/4/0	Senzor otevření _okna

Tab. 4-3 – ETS4 – Příslušnost skupinového objektu ke skupinové adrese

Adresace *Individuálními adresami*, kterou jsme provedli na začátku projektu, nám zaručí i správné topologické schéma a tak není třeba v pracovním prostoru *Topologie* nic upravovat.

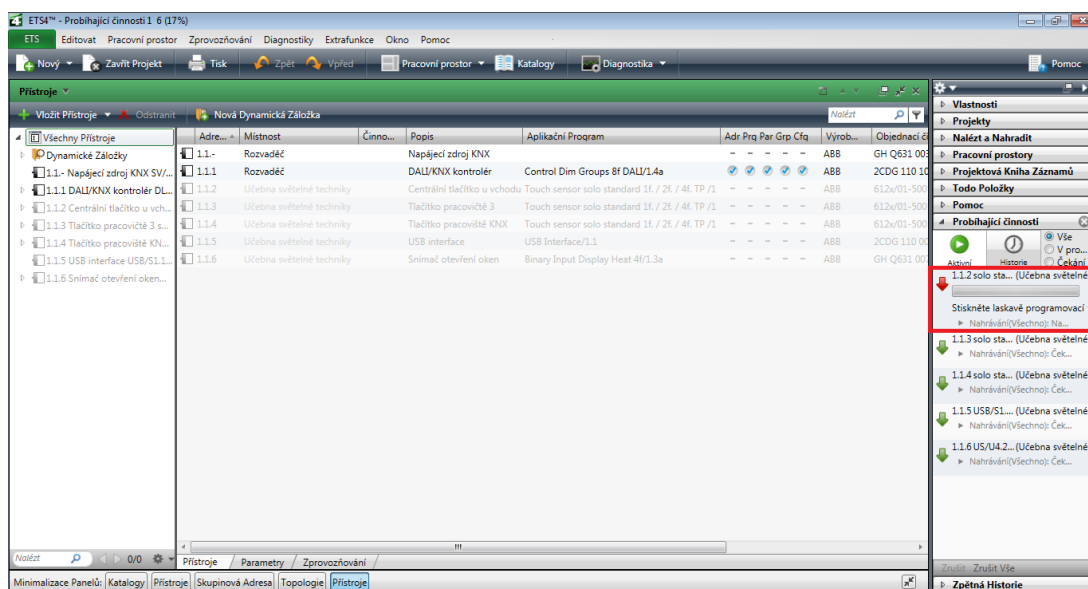
Lokální naprogramování rozhraní USB

Další fází je zprovoznování systémové instalace KNX. Proto, abychom mohli nahrát do přístrojů individuální adresy a posléze i aplikační programy, které obsahují námi nadefinované parametry, musíme pro komunikaci připravit USB interface. Stejně jako každý účastník na sběrnici, krom napájecího zdroje, i USB interface musí být na sběrnici unikátně identifikován. Máme-li sběrnici napájenou napájecím zdrojem, všechna zařízení korektně připojena ke sběrnici a PC k USB interfaci propojeno USB kabelem, můžeme začít přiřazením adresy 1.1.5 USB interfaci. Opustíme na chvíli projekt a vrátíme se

na úvodní obrazovku zeleným tlačítkem *ETS4*. Zde otevřeme znovu záložku *Nastavení* a v ní pak *Komunikace*, označíme náš USB interface ABB STOTZ-KONTAKT GmbH a klikneme na *Lokální nastavení*. V dialogovém okně změníme adresu na 1.1.5 a okno potvrdíme *OK*.

Naprogramování individuální adresy a odeslání aplikačních programů účastnickým přístrojem

Vrátíme se zpět do projektu do pracovní oblasti *Přístroje*. Kliknutím pravého tlačítka myši na *Všechny přístroje*, nabídku *Nahrávání* a na *Nahrát Vše*. Tato možnost nám do všech zařízení začne nahrávat jak jejich *Individuální adresy*, tak jejich aplikační programy. V pravém menu *Vlastnosti* bude nahrávání postupně probíhat a vždy s novým přístrojem k nahrání se nás ETS4 dotáže na zmáčknutí programovacího tlačítka přístroje. Tím je řešen problém záměny tlačítek, tedy například nahrání adresy a aplikačního programu do tlačítka na pracovišti KNX namísto nesprávně do tlačítka u vchodu do učebny. Po zmáčknutí se rozsvítí na dobu nahrávání adresy programovací LED dioda, umístěna v těsné blízkosti tlačítka. Na Obr. 4-9 je vidět proces nahrávání v okamžiku dotazu na stisknutí programovacího tlačítka.



Obr. 4-9 – ETS4 – Proces nahrávání



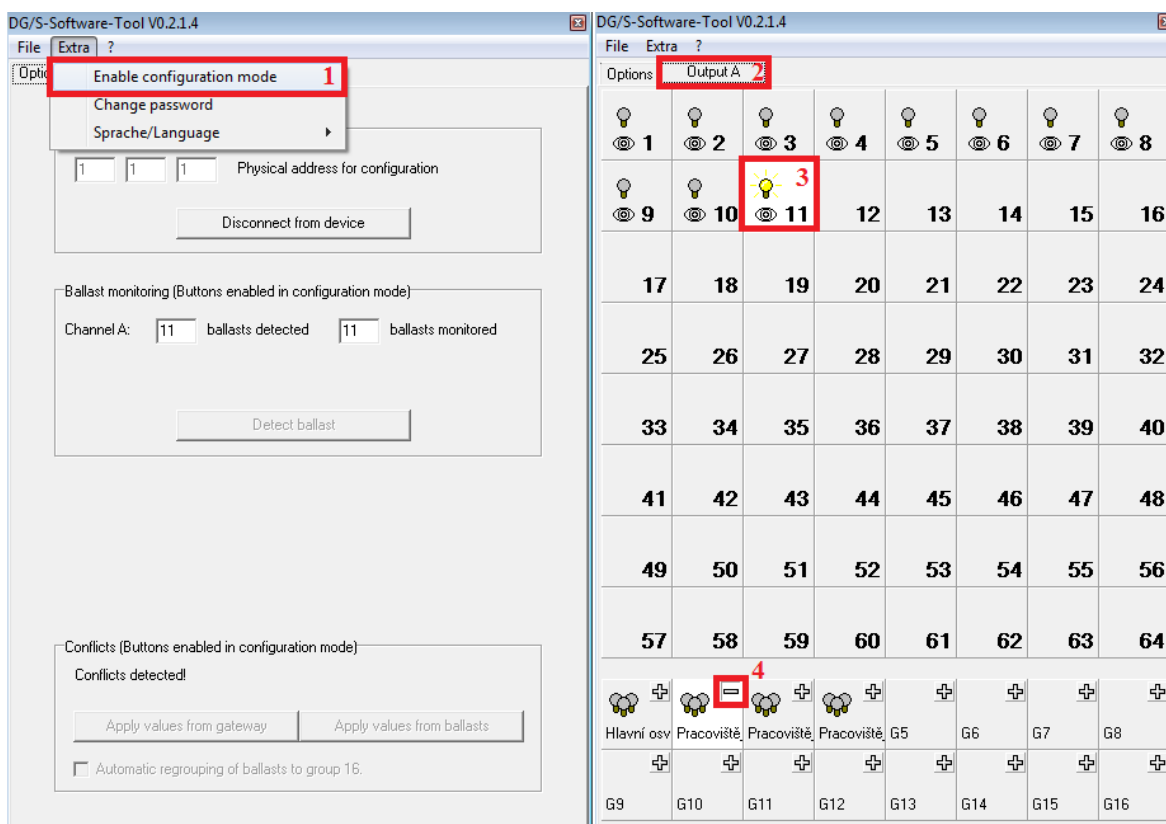
Obr. 4-10 – Sběrníková spojka – Umístění programovacího tlačítka

U KNX/DALI kontroléru je tlačítko, stejně jako u USB interfacu, umístěno z vnější strany pláště přístroje. U KNX tlačítek je umístěno na sběrníkové spojkce, viz Obr. 4-10.

Nastavení předřadníků DALI

Po nahrání aplikačních programů do přístrojů je instalace téměř plně funkční. Posledním krokem je nastavení příslušnosti světel, respektive předřadníků DALI, k daným světelným skupinám pro KNX/DALI kontrolér. Jak bylo zmíněno na začátku kapitoly 4, pro tento účel je třeba použít nástroj *DGS-Software-Tool*.

Nástroj spustíme a zadáme adresu KNX/DALI kontroléru, která je 1.1.1, klikneme na *Connect to device*. Potvrdíme připojení prostřednictvím našeho USB Interfacu ABB STOTZ-KONTAKT GmbH. V oknu nástroje je třeba aktivovat konfigurační mód, menu *Extra, Enable configuration mode*, kde v dialogovém okně zadáme heslo *ABB*. Tímto jsme otevřeli tíženou možnost úprav. Jestli-že nedojde k automatické detekci předřadníků, v části *Ballast monitoring* klikneme na *Detect ballast* a počkáme, až program načte všechny DALI předřadníky, v našem případě 11 předřadníků. Přepneme se do záložky *Output A*. Na Obr. 4-11 jsou vidět kroky aktivace konfiguračního módu a záložka *Output A*. V tuto chvíli všechny načtené předřadníky vypnou jejich svítidla. Po označení předřadníku z výběru se rozsvítí jen ono svítidlo, které předřadník ovládá. Tento proces slouží k identifikaci svítidla. Dané svítidlo pak můžeme přiřadit pomocí tlačítka + k příslušné skupině, respektive ho tlačítkem – ze skupiny odebrat. Skupiny mají slovní označení přesně takové, jaké bylo uloženo v aplikačním programu do KNX/DALI kontroléru a podle něho předřadník, tedy svítidlo, do skupiny přiřadíme.



Obr. 4-11 – Nástroj DGS-Software-Tool

Program stačí zavřít a nastavení skupin je automaticky uloženo.

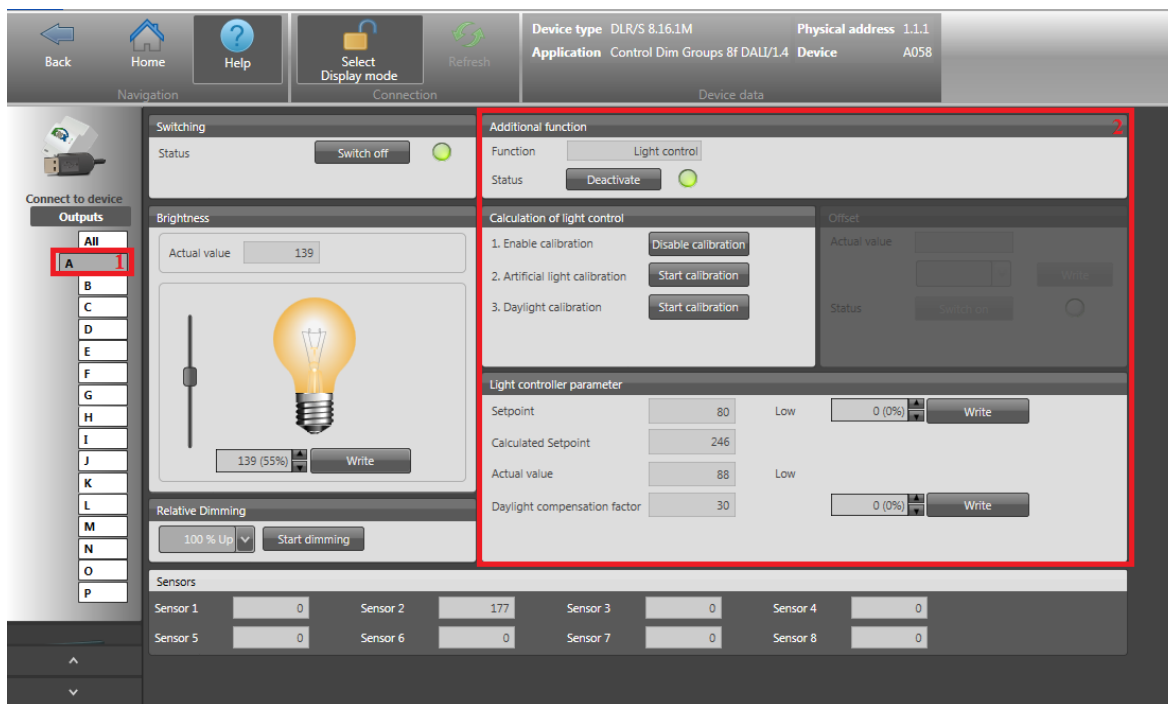
Kalibrace snímače osvětlení

Budeme-li využívat pro řízení osvětlení v laboratoři snímač intenzity osvětlení, je zapotřebí provést jeho kalibraci na konstantní úroveň osvětlení. Podobně jako pro přiřazení předřadníků do skupin, i pro tento speciální úkon potřebujeme speciální softwarový nástroj *LRS-Tool*, který je součástí globálního nástroje *i-bus Tool*.

Po spuštění *i-bus Tool* klikneme na obrázek *Connect*, do pole *physical address* dalšího okna vložíme *Individuální adresu* KNX/DALI kontrolétu, tedy 1.1.1. Zvolíme správný USB interface a klikneme na *Connect*, viz Obr. 4-12



Obr. 4-12 – I-bus Tool – okno Connection



Obr. 4-13 – I-bus Tool – okno kalibrace snímače intenzity osvětlení

Po připojení programu ke kontroléru se zobrazí vizualizace funkcí, včetně integrovaného nástroje *LRS-Tool* v okně *Additional function*, Obr. 4-13.

Pro možnost kalibrace nejprve aktivujeme konfigurační mód. V menu klikneme na *Enable configuration mode*, kde v dialogovém okně zadáme heslo *ABB*. Po odemknutí se zobrazí znak otevřeného zámku tak, jak je na Obr. 4-13. Zvolíme skupinu svítidel, které chceme senzorem řídit, v našem případě *Output A*. Nyní musíme umístit luxmetr pod snímač intenzity osvětlení a posouváme jezdcem v okně *Brightness* tak dlouho, než nastavíme tíženou hodnotu osvětlení. Místnost musí být v této fázi zatemněna. Nyní provedeme kalibraci pro umělé osvětlení, klikneme na *enable calibration* a posléze na *artificial light calibration*. Po kalibraci umělého osvětlení, která trvá přibližně minutu, provedeme denní kalibraci. Před tím, než klikneme na *daylight calibration*, učebnu roztemníme. Denní kalibrace vychází z předpokladu, že je venku difúzní obloha. Není-li tak, je potřeba vhodně zvolit hodnotu *Daylight compensation factor*. Po kalibraci nástroj zavřeme, nyní už je instalace úplná a je možné vyzkoušet její funkčnost.

Dojde-li v průběhu testování k nalezení chyby, je možné chybu v ETS4 opravit a provést už jen částečné nahrání pomocí tlačítka *Dílčí nahrávání*. Při tomto nahrávání se již neprogramuje *Individuální adresa*, ale pouze se přehrává aplikační program. Odpadá tedy nutnost identifikovat zařízení zmáčknutím programovacího tlačítka.

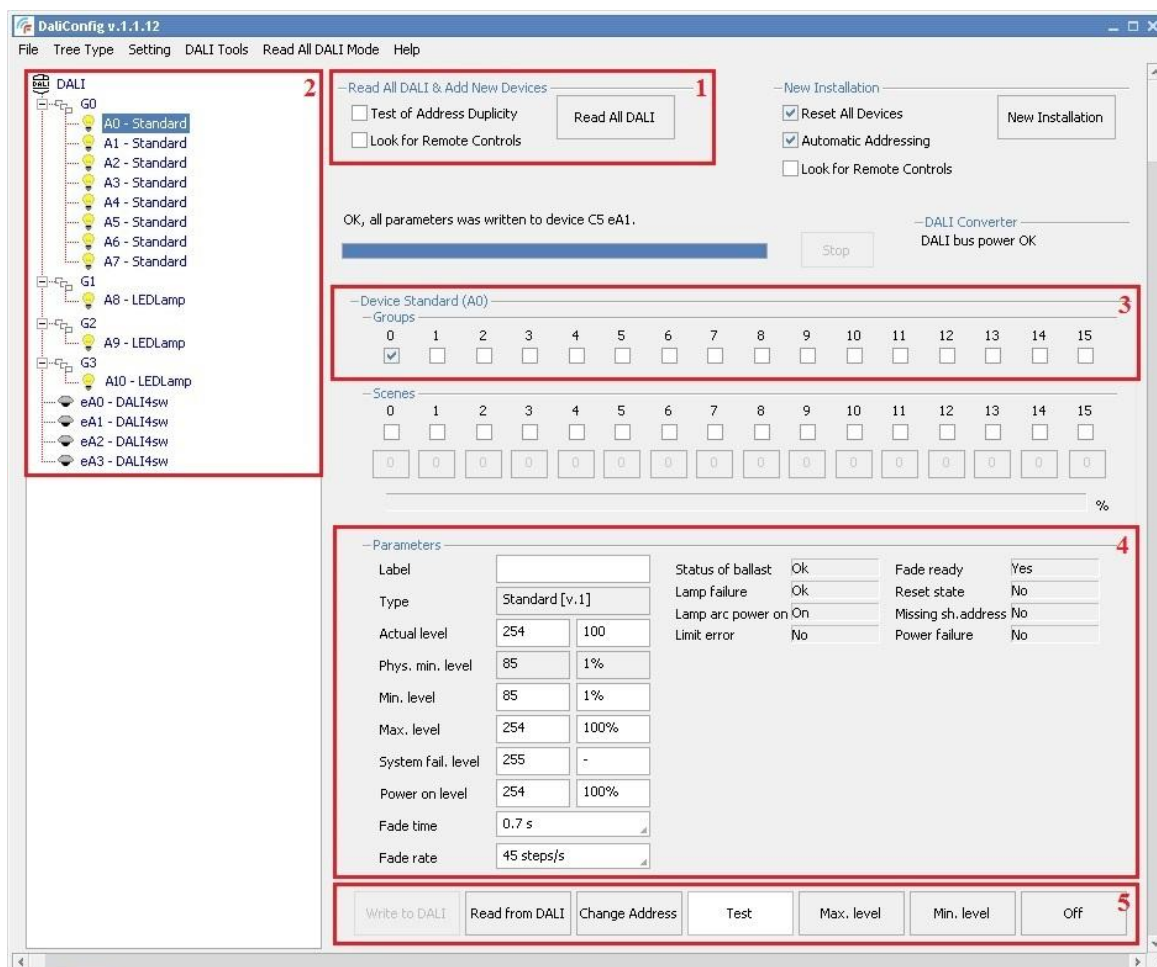
4.3 Parametrizace DALI

Opět se seznámíme s principiálním postupem parametrizace, tentokrát pomocí konfiguračního softwaru *DaliConfig*. Odlišnost v porovnání s *ETS4* je především v tom, že se jedná o software provádějící změny přímo v zařízení. Při změně parametru přístroje musíme tedy změnu okamžitě do přístroje zapsat. Nelze tak například všechny přístroje nejdříve parametrizovat a posléze parametry zapsat naráz. Při přechodu mezi přístroji v menu dochází k načítání jejich okamžitých parametrů a námi provedená změna se tak do přístroje neukládá. Z toho vychází vlastnost softwaru *DaliConfig*, nemožnost konfigurace bez připojeného rozhraní Foxtron DALI232 a prvků instalace. Nutno podotknout, že převodník neprovádí napájení sběrnice. Postup parametrizace a zprovoznění DALI zařízení je tedy následující:

- Připojení rozhraní Foxtron DALI232
- Spuštění konfiguračního softwaru *DaliConfig*
- Načtení zařízení na sběrnici
- Změna parametrů na konkrétním zařízení a jejich zápis
- Vyzkoušet funkčnost
- Případná diagnostika

Konfigurační software *DaliConfig*

Po připojení rozhraní Foxtron DALI232 do COM portu počítače se také ujistíme, že je rozhraní připojeno ke sběrnici DALI. Spustíme konfigurační software *DaliConfig*, zobrazí se nám okno programu, viz Obr. 4-14.



Obr. 4-14 - Konfigurační software *DaliConfig*

Program umožňuje dvě základní funkce a to jsou *Read All DALI* a *New Instalation*. *Read All DALI* načte zařízení na sběrnici včetně jejich adres a nastavení. Jedná-li se o novou instalaci, kdy si například nejsme jisti nastavením adres či parametry, je vhodné spustit jejich kompletní reset do výchozího nastavení, kde jim jsou přiděleny i nové adresy. Spuštění resetu provedeme tlačítkem *New Instalation*.

V našem případě máme všechny předřadníky svítidel opatřeny adresou a zařazeny do skupiny, bylo tak provedeno nástrojem *DGS-Software-Tool* v kapitole 4.2.

Začneme tedy kliknutím na *Read All DALI*, umístěném v červeně oknu 1, Obr. 4-14. V oknu 2 se nám budou postupně stromově, jak jsou rozděleny do skupin zobrazovat všechny předřadníky a spínané kontakty tlačítkového ovladače DALI4sw, označené eA0 – DALI4sw atd. Stromové zobrazení lze setřídít na základě zařízení, typu zařízení, příslušnosti k dané scéně či podle příslušnosti k dané skupině. Nastavení zobrazení je v menu *Tree Type*. Jakmile se dokončí načítání zařízení na sběrnici, můžeme po označení příslušného předřadníku měnit zařazení do skupiny, okno 3. Jednotlivé předřadníky a tedy svítidla můžeme také přidat do určité světelné scény, *Scenes*, nicméně v naší instalaci scény používat ve výchozím nastavení učebny nebudeme.

Parametry nastavení světelného zdroje předřadníku jsou k dispozici v okně 4. Zde máme viditelnou aktuální hodnotu světelného zdroje, *Actual level*, kterou lze zeshora

i zespodu ohraničit maximální a minimální hodnotou, *Max. level* a *Min. level*. Parametr *Fade rate* nám definuje maximální rychlost kroků za sekundu při stmívání světelného zdroje a parametr *Fade time*, za jak dlouho dojde k jeho vypnutí či zapnutí na danou hodnotu. Všechny tyto hodnoty však necháme ve výchozím nastavení.

V okně 5 jsou umístěny funkční tlačítka. Tlačítkem *Write to DALI* zapíšeme parametry do daného zařízení. Tato možnost je aktivní, jen pokud jsme nějaké změny provedli. Jakmile se rozhodneme přejít na parametrizaci jiného předřadníku nebo spínaného kontaktu a neprovedli bychom zápis změn, tyto změny budou ztraceny! Tlačítko *Read from DALI* nám načte aktuální parametry pouze označeného přístroje. Tlačítkem *Change Address* lze v následném dialogovém okně změnit adresu zařízení. Tlačítko *Test* nám daný světelný zdroj připojený k předřadníku rozbliká, slouží především k identifikaci daného svítidla. Podobně tak *Max. level* a *Min. level*, kdy lze zkontrolovat nastavení jejich hodnot. Tlačítkem *Off* světelný zdroj zhasneme.

Parametrizace tlačítkového ovladače Foxtron DALI4sw

Jak jsme již uvedli, za předpokladu, že jsme provedli nejprve kalibraci a parametrizaci KNX, kapitola 4.2, máme předřadníky svítidel nastaveny korektně. Zbývá nám tedy provést parametrizaci tlačítkového ovladače Foxtron DALI4s. To obsahuje 4 spínané kontakty, které jsou připojeny na čtyř-tlačítko GIRA tak, jak je naznačeno na Obr. 4-15.



Obr. 4-15 – Rozmístění spínaných tlačítkového ovladače Foxtron DALI4s

Z požadavků na funkčnost vyplývá, že první kolébka, obsahující spínače *eA1* a *eA2* – *DALIsw4*, musí ovládat skupinu 2 (G3 pro KNX/DALI kontrolér), tedy svítidlo LED umístěné na pracovišti DALI a druhá kolébka, obsahující spínače *eA3* a *eA4* – *DALIsw4*, musí ovládat skupinu 0 (G1 pro KNX/DALI kontrolér), tedy hlavní osvětlovací soustavu učebny. Skupiny v KNX/DALI kontroléru mají číslování 1 - 16 a skupiny v *DaliConfig* mají číslování začínající od 0, tedy 0 - 15. Skupina 0 je tedy shodná se skupinou 1 a tak dále. Na to je nutné vždy pamatovat!

Po označení *eA1* – *DALIsw4*, ve stromové struktuře přístrojů, se nám zobrazí v pravé části okna parametrizační možnosti. Parametr *Group* nám značí adresu skupiny, kam se nám budou posílat dané příkazy, tedy 2. V nabídce *Configuration function*, vybereme čtvrtou možnost, která se pro náš účel funkčnosti tlačítka hodí nejvíce. Udává nám, že při krátkém stisku tlačítka se vyšle příkaz *X* a při držení tlačítka se bude opakovaně vysílat příkaz *Y* každých 200 ms [14]. Jako příkaz *X* definujeme *RecallMaxLevel*, což nám

způsobí zapnutí světelného zdroje na maximální hodnotu. A jako příkaz *Y* možnost *Up* s rychlostí stmívání *Fade rate* - 126.5 steps/s, která byla zvolena experimentální metodou jako nejvhodnější rychlost. Parametrizace *eA1 – DALIsw4* je na Obr. 4-16.

The screenshot shows a configuration window for a DALI4sw4 device. It is divided into two main sections: 'Target device' and 'Configure function'.

Target device: This section has two tabs: 'Target device' (active) and 'Actual state'. Under 'Target device', there are three radio buttons: 'All (broadcast)', 'Group' (selected), and 'Address'. The 'Group' radio button is selected, and the 'Group' field is set to '2'. The 'Address' field is set to '0'. The 'Actual state' tab shows a question mark '?'.

Configure function: This section contains a text box with the command: '4 - Push-button: short = 1*command X, long = repeatedly command Y'. Below this, there are two columns for 'Command X' and 'Command Y'. The 'Command X' field is set to 'RecallMaxLevel' and the 'Command Y' field is set to 'Up'. There are also checkboxes for 'Fade time' and 'Fade rate'. The 'Fade time' checkbox is unchecked, and the 'Fade rate' checkbox is checked. The 'Fade rate' field is set to '4 - 126.5 steps/s'.

Obr. 4-16 – Parametry *eA1 – DALIsw4*

Před označením *eA2 – DALIsw4* je nutné konfiguraci nahrát, *Write to DALI*, jinak dojde ke ztrátě parametrů!

Parametrizace *eA2 – DALIsw4* je obdobná jen se změnou vykonávajících funkcí *X* a *Y*. Funkce *X* zastává funkci vypnutí tedy parametr *Off* a příkaz *Y* funkcí stmívání *Down* opět s rychlostí 126.5 steps/s. Zapišeme nastavení.

Parametrizace *eA3* a *eA4 – DALIsw4* je obdobná jako *eA1* a *eA2 – DALIsw4* jen s rozdílem adresy, na kterou se odesílají příkazy. Adresa skupiny bude 0, hlavní osvětlovací soustava učebny. Zapišeme nastavení.

Po parametrizaci a zapsání jsou tlačítka okamžitě aktivní a je možné začít zkoušet jejich funkčnost. Při krátkém stisku tlačítka respektive kontaktu *eA1* dojde k rozsvícení LED svítidla na DALI pracovišti. Stiskem tlačítka respektive kontaktem *eA2* dojde k zhasnutí LED svítidla. Jestliže je svítidlo rozsvícené a držíme tlačítko *eA2*, dochází k stmívání, při držení tlačítka *eA1* naopak. Z principu funkčnosti tlačítkového ovladače DALI4sw však nelze ze zhasnutého stavu regulovat stmívání, což se může zdát nelogické. Tato funkčnost je však reakcí výrobce na kompatibilitu s ostatními prvky jiných výrobců, což neumožňuje konfiguraci více jak dvou příkazů v rámci jednoho tlačítkového kontaktu.

5 Laboratorní úlohy

Řídicí systémy osvětlení a inteligentních budov obecně, jsou v dnešní době velmi skloňované téma, a tak se v rámci praktické části studenti světelné techniky seznámí s inteligentní elektroinstalací, a to jak s instalací DALI, tak KNX. K praktickému ozkoušení znalostí slouží mnou navržené *Pracoviště KNX* a *Pracoviště DALI*. V následujících podkapitolách bude provedeno seznámení s laboratorními úlohami, jejich cíle a příprava pracoviště. Kompletní laboratorní úlohy obsahující zadání, teoretickou přípravu a postup parametrizace, jsou obsahem přílohy C.

5.1 Demonstrační úloha – KNX

5.1.1 Cíle úlohy

Úloha si klade za cíl seznámit studenty s technologií KNX, se zaměřením na řízení osvětlení, a to tou nejsrozumitelnější formou, praktickou laboratorní úlohou. V teoretickém úvodu se nejprve studenti obecně obeznámí s technologií KNX, topologií, použitelných médií, komunikací a s adresací. Posléze si v praktické části vyzkouší práci se softwarem ETS4. Pomocí něhož vytvoří funkční inteligentní elektroinstalaci pro řízení části osvětlovací soustavy učebny světelné techniky, na které je možné demonstrovat základní řídicí funkce osvětlení jako spínání a stmívání.

Celá demonstrační úloha je komponována pro *Pracoviště KNX*. Projekt, který si studenti v softwaru ETS4 vytvoří, zahrnuje přístroje uvedené v Tab. 5-1.

Místo	Kód v katalogu	Popis přístroje
Rozvaděč	SV/30.320.5	Napájecí zdroj KNX
	DLR/S8.16.1M	KNX/DALI kontrolér
Pracoviště KNX	612x/01-500 pro TP	Tlačítko pracoviště KNX
	USB/S1.1	USB interface

Tab. 5-1 - Demonstrační úloha KNX - použité přístroje

V rámci použitých přístrojů nejsou zařazeny DALI předřadníky svítidel, na kterých nebude v rámci ukázkové úlohy probíhat žádná parametrizace.

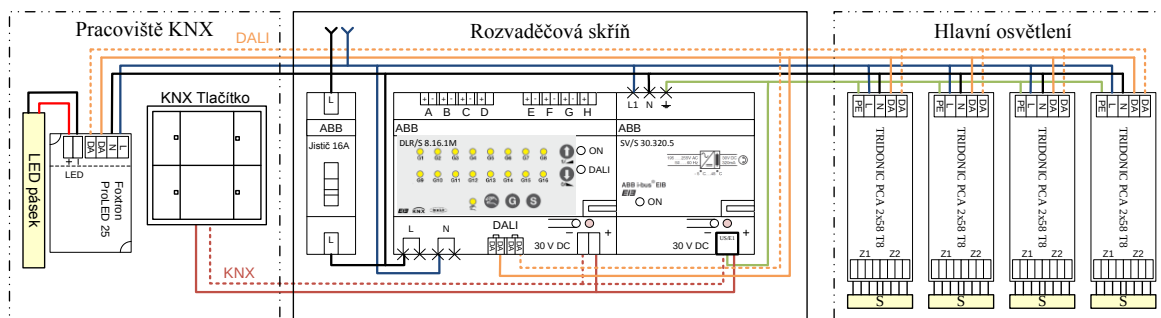
5.1.2 Zadání

Vytvořte funkční inteligentní elektroinstalaci sloužící k řízení části osvětlovací soustavy v učebně za pomoci technologie KNX. Založte projekt a proveďte parametrizaci prvků návrhu prostřednictvím softwaru ETS4. Pro KNX tlačítko, které je součástí vybavení pracoviště realizujte následující funkce:

Tlačítko	Prvek tlačítka	Požadovaná funkčnost
KNX pracoviště	Kolébka 1	Krátký stisk – spínání části hlavní osvětlovací soustavy Dlouhý stisk – stmívání části hlavní osvětlovací soustavy
	Kolébka 2	Krátký stisk – spínání LED osvětlení pracoviště Dlouhý stisk – stmívání LED osvětlení pracoviště

Tab. 5-2 – Demonstrační úloha KNX – funkce KNX tlačítka

Na Obr. 5-1 je znázorněno schéma zapojení inteligentní elektroinstalace.



Obr. 5-1 – Demonstrační úloha KNX – schéma zapojení

Elektroinstalace je ve zjednodušené formě, tak aby studenty nemátla a plnila účel demonstračního zapojení.

5.1.3 Příprava demonstračního pracoviště

Příprava pracoviště spočívá v přepnutí *Technologického vypínače* do polohy označené *Rozdělení sběrnice DALI || KNX*. Řada hlavní osvětlovací soustavy, která je umístěna blíže ke vchodu do učebny, bude tímto vypínačem společně s *Pracovištěm DALI* oddělena od zbytku instalace. Je tak možné samostatně řídit část osvětlovací soustavy KNX tlačítkem za pomoci KNX/DALI kontroléru, který slouží jako interface mezi KNX a DALI sběrnici. Osvětlení umístěné na DALI sběrnici tak není ovlivněno *Pracovištěm DALI*.

Před začátkem parametrizace není třeba dělat žádné úpravy v parametrech přístrojů. Následné nahrání projektu vytvořeného studenty totiž přehraje výchozí parametry pro centrální ovládání učebny.

Ve fázi programování *Individuálních adres* přístrojů použitých v návrhu je třeba zmáčknout programovací tlačítko. U tlačítka se musí oddělit tlačítko od sběrnice spojky, kde je programovací tlačítko umístěno. Jedná se o jednoduchý úkon, který však bude svěřen do rukou vyučujícího v laboratoři z důvodu možnosti poškození vodičů tlačítka nezkušenou manipulací. U KNX/DALI kontroléru bude úkol rovněž svěřen vyučujícímu, protože se přístroj nachází v rozvaděčové skříni.

Po skončení demonstrační laboratorní úlohy vyučující nahraje aplikační programy s parametry centrálního řízení laboratoře a přepne *Technologický vypínač* sběrnice do polohy *Centrální řízení*.

5.2 Demonstrální úloha – DALI

5.2.1 Cíle úlohy

Demonstrační úloha DALI si klade za cíl seznámit studenty s protokolem DALI, který je v dnešní době hodnocen jako jeden z předních standardů pro digitální řízení moderních osvětlovacích soustav. V rámci praktické úlohy si ověří teoreticky nabyté informace a vyzkouší si parametrizaci DALI prvků od firmy Foxtron s.r.o.. Pro parametrizaci budou využívat konfigurační software *DaliConfig* od stejnojmenného výrobce. V teoretickém úvodu se studenti seznámí s účelem protokolu DALI, jeho hlavními rysy, topologií a použitelnými přenosovými médii. Po parametrizaci si studenti také vyzkouší nástroje *DALI Terminal* a *DALI Command*, které slouží k monitorování provozu, respektive k posílání příkazů na sběrnici.

Tato úloha je koncipována pro *Pracoviště DALI*. Prvky, které studenti budou v rámci úlohy používat jsou uvedeny v Tab. 5-3.

Místo	Označení	Popis přístroje
Rozvaděč	DALIpwr	Napájecí zdroj DALI
Pracoviště DALI	DALI4sw	Tlačítkový spínač pracoviště DALI
	PCA 2x58 T8 EXCEL	Předřadníky Hl. osv. soustavy
	proLED25	DALI LED předřadník

Tab. 5-3 - Demonstrální úloha KNX - použité přístroje

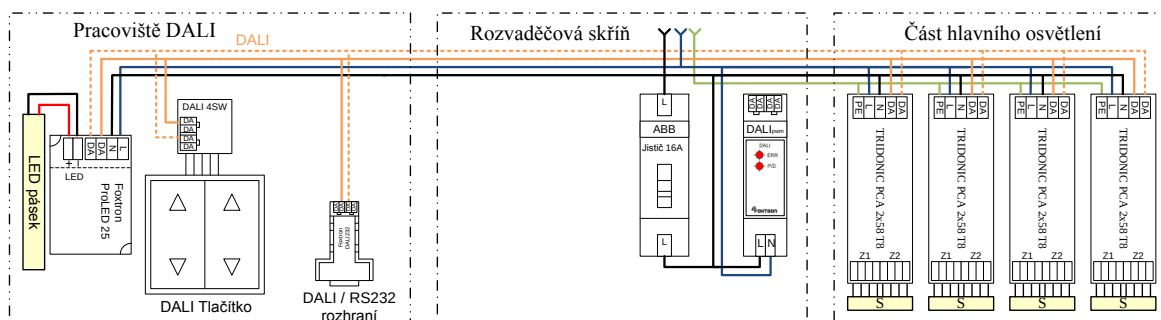
5.2.2 Zadání

Vytvořte funkční inteligentní elektroinstalaci sloužící k řízení části osvětlovací soustavy v učebně za pomoci protokolu DALI. Prostřednictvím konfiguračního softwaru *DaliConfig* proveďte parametrizaci prvků návrhu. Pro DALI tlačítko, které je součástí vybavení pracoviště realizujte následující funkce:

Tlačítko	Prvek tlačítka	Požadovaná funkčnost
DALI pracoviště	Kolébka 1	Krátký stisk – spínání části hlavní osvětlovací soustavy Dlouhý stisk – stmívání části hlavní osvětlovací soustavy
	Kolébka 2	Krátký stisk – spínání LED osvětlení pracoviště Dlouhý stisk – stmívání LED osvětlení pracoviště

Tab. 5-4 – Demonstrální úloha DALI – funkce DALI tlačítka

Na Obr. 5-2 je znázorněno schéma zapojení inteligentní elektroinstalace řízení osvětlení pomocí protokolu DALI.



Obr. 5-2 - Demonstrační úloha DALI – schéma zapojení

Elektroinstalace je ve zjednodušené formě, tak aby studenti nemátla a plnila účel demonstračního zapojení.

5.2.3 Příprava demonstračního pracoviště

Příprava pracoviště spočívá, stejně jako v případě demonstrační úlohy KNX, v přepnutí *Technologického vypínače* do polohy označené *Rozdělení sběrnice DALI || KNX*. Řada hlavní osvětlovací soustavy, která je umístěna blíže ke vchodu do učebny, bude tímto vypínačem společně s *Pracovištěm DALI* oddělena od zbytku instalace a připojena ke zdroji pro DALI sběrnici.

Před začátkem parametrizace je třeba přístroje uvést do továrního nastavení, aby si pak studenti mohli celý proces parametrizace vyzkoušet sami. Tohoto stavu lze docílit v softwaru *DaliConfic* po načtení prvků zmáčknutím tlačítka *New Installation*, přičemž máme zatržený parametr *Reset All Devices*.

Po skončení demonstrační laboratorní úlohy vyučující nahraje parametry všech prvků z projektu centrálního řízení a přepne *Technologický vypínač* sběrnice do polohy *Centrální řízení*.

6 Možnosti rozšíření učebny

Návrh a realizace inteligentních instalací v učebně světelné techniky katedry elektroenergetiky byl proveden v souladu se všemi požadavky. Požadavky ovlivnily volbu přístrojů, jejich funkčnost, umístění a integraci v učebně. Vše muselo být také voleno s ohledem na finanční omezení. I tak je však instalace koncipována, aby byla v budoucnu snadno rozšiřitelná. V rozvaděčové skříni je dostatečná rezerva na umístění dalších KNX či DALI přístrojů. Modularita připojení stolů a umístění sběrníkových vodičů umožňuje stoly i instalaci jako takovou bez problému dovybavit dalšími tlačítky či akčními členy. Na následujících řádcích bude proveden souhrn možných budoucích rozšíření stávající inteligentní elektroinstalace o další prvky a funkce a to především systémové instalace KNX. Pro určitost funkcí a konkrétnost rozšíření budou prvky KNX z portfolio společnosti ABB s.r.o. [11].

Snímač pohybu

Osvětlovací soustava v učebně může být řízena na konstantní úroveň osvětlení za pomoci senzoru LF/U 2.1 a akčního členu DLR/S 8.16.1M. Vhodným vylepšením této kombinace může být doplnění instalace o stropní snímač přítomnosti Bush-Wächter nebo snímač pohybu standard, který je možné umístit do rámečku místo vypínače či zásuvky. Znamenalo by to, že by se osvětlení učebny spouštělo automaticky v přítomnosti osob. To by mělo za následek větší komfort a ochranu vůči zapomenutí zhasnutí osvětlovací soustavy. Funkčnosti snímače by se dalo využít i z hlediska zabezpečení laboratoře.

Zatmění laboratoře

V provozu laboratoře světelné techniky je často nutné ji celou zatemnit tak, aby nedocházelo k ovlivňování probíhajících měření. Stávající universální interface US/U4.2, který je ideálně umístěn a využit jako senzor otevření oken, na tuto funkci používá pouze první ze svých čtyř kanálů. Zbylé kontakty by se daly použít na řízení pohonu elektrických vertikálních žaluzií či zatemňovacího závěsu.

Regulace vytápění

Universální interface US/U4.2 může plnit i další funkci a to regulaci vytápění v učebně. Ve funkci akčního členu vytápění může jeden z jeho kanálů řídit pomocí PWM elektromotorickou hlavici otopného tělesa. Vhodnou alternativou pak je elektromotorická hlavice ST/K 1.1, kterou lze přímo připojit na sběrnici KNX umístěnou v elektroinstalačním kanálu poblíž otopných těles. Výhodou je možnost řízení teploty v laboratoři a propojení se snímačem polohy či okenními kontakty tak, aby nedocházelo ke zbytečnému vytápění v době nepřítomnosti osob a otevření okna.

Spotřeba elektrické energie

Stanovení úspor elektrické energie v návaznosti na efektivitě řízení osvětlovací soustavy může být docíleno za pomoci inteligentního elektroměru. Ten stačí umístit

do rozvaděče a vhodně jej připojit. Údaje o spotřebě pak mohou být po sběrnici posílány případné vizualizační jednotce. Příkladem je jednofázový elektroměr FBU 11200, který ale pro spojení s KNX sběrnici potřebuje další prvek a to rozhraní pro elektroměr ZS/S1.1.

Meteostanice

Učebna může být dovybavena také meteostanicí KNX, která se skládá z kombinovaného snímače povětrnostních údajů WES/A2.1 a řadové povětrnostní centrály WZ/S1.1. Snímač povětrnostních údajů dokáže měřit rychlost větru, soumrak, teplotu a osvětlenost ve třech směrech. Také dokáže přesně určit datum a čas ze zabudovaného GPS modulu. Řadová povětrnostní centrála se stará o prezentaci těchto dat na sběrnici KNX. Ke spojení je zapotřebí čtyř-vodičového vedení, doporučený kabel je J-Y(ST)Y 2x2x08 a maximální délka připojení je 100m. Krom prezentace parametrů souvisejících se světelnou technikou se jednotka může starat také o řízení nočního a denního režimu učebny na základě venkovních podmínek.

Vizualizace

Další z možností rozšíření instalace je připojení KNX dotykové vizualizační jednotky na místo centrálního tlačítka u vchodu do učebny. Ta by dokázala koncentrovat informace od všech uvedených prvků a nabídnout tak například zobrazení grafu spotřeby elektrické energie, přesný čas a předpověď počasí na základě hodnot z meteostanice. Umožňovala by také intuitivní dotykové řízení osvětlovací soustavy, teploty či zatažení žaluzií v laboratoři. Příklad takového panelu může být *Busch-Control Touch* od společnosti ABB. Alternativou pak *Busch-priOn*, jehož funkce jsou omezenější a display není dotykový, k řízení slouží otočné kolečko a volitelná tlačítka.

Komunikace

Zajímavým přínosem by pro učebnu světelné techniky byla možnost externí komunikace pomocí KNX IP Routeru IPR/S2.1. Ten převádí zprávy posílané po KNX sběrnici na IP pakety respektive rámce nejrozšířenějšího protokolu počítačových sítí Ethernetu. Díky tomu by mohla být učebna dovybavena o externí IP vizualizační jednotky umístěné v lokální počítačové síti. Umožněna by také byla vzdálená správa, přístup k datům a kontrola pohybu osob v učebně, a to přes síť fakulty nebo dokonce přes Internet.

Vizualizace DALI

Výše uvedené možnosti budoucího rozšíření stávající inteligentní elektroinstalace o další prvky a funkce byly zaměřeny především na doplnění systému KNX, jakožto hlavního řídicího systému. I sprotokol DALI je možno rozšířit například o programovací jednotku s dotykovou obrazovkou FTC03DALI od společnosti Foxtron s.r.o. Na té je pak krom dotykového řízení osvětlovací soustavy v učebně možno signalizovat poruchy zářivek nebo podmíněně spouštět příkazy podle času či podle stavu vstupů. Jednotka by tak mohla doplnit *Pracoviště DALI* o další zařízení, které bude studentům sloužit k seznámení s moderní světelnou technikou.

7 Závěr

Po zhodnocení stavu řízení osvětlovací soustavy v laboratoři světelné techniky na ČVUT v Praze byl proveden nejprve návrh a poté realizace modernizace řízení za pomoci inteligentních elektroinstalací. K tomuto účelu byl použit systém KNX a protokol DALI. Výhodou je, že se jedná o otevřené standardy a tak se na trhu nabízí celé portfolio výrobků od různých výrobců, které jsou vzájemně kompatibilní. DALI, jakožto protokol zaměřený čistě na řízení osvětlovacích soustav, se v posledních letech významně prosazuje u nás i v celé Evropě. Oproti DALI, systém KNX patří do skupiny *Building Managament system* (BMS). Krom toho, že v sobě integruje řízení osvětlení, disponuje i mnohými dalšími funkcemi, které jsou nezbytné pro inteligentní budovu. Díky univerzálnosti a vlastnostem obou protokolů byla realizace koncipována na jejich vzájemnou spolupráci.

V rámci realizace byly v učebně instalovány vodiče sběrnice DALI a KNX. Ke sběrnici DALI byly připojeny DALI předřadníky nově nainstalovaného LED osvětlení pracovišť a stávající předřadníky hlavní osvětlovací soustavy. Vodiče sběrnice KNX byly využity k připojení řídicích tlačítek a univerzálního rozhraní. Aby bylo možné řídit osvětlení používající protokol DALI z tlačítek KNX, bylo nutné do návrhu implementovat KNX/DALI kontrolér. Díky jeho integrované funkci připojení snímačů intenzity osvětlení je možné osvětlení v laboratoři řídit na konstantní úroveň. Tlačítka KNX obsahují stavové LED, které jsou využity k signalizaci otevření oken, což vede ke snadnější kontrole při odchodu z laboratoře, především při probíhajícím měření, kdy jsou v laboratoři okna zatemněna.

V průběhu návrhu a realizace jsem také musel vyřešit problémy spojené s propojením s diplomovou prací zabývající se návrhem a realizací modelu pro simulaci osvětlovací soustavy tak, aby bylo možné ke sběrnici v učebně tento model připojit a aby parametrizace prvků byla vzájemně kompatibilní. Připojení ke sběrnici DALI a možnost připojení snímače intenzity osvětlení je realizována na pracovišti KNX. Díky tomu je možné v modelu řídit osvětlení na konstantní osvětlenost za pomoci KNX/DALI kontroléru mého návrhu.

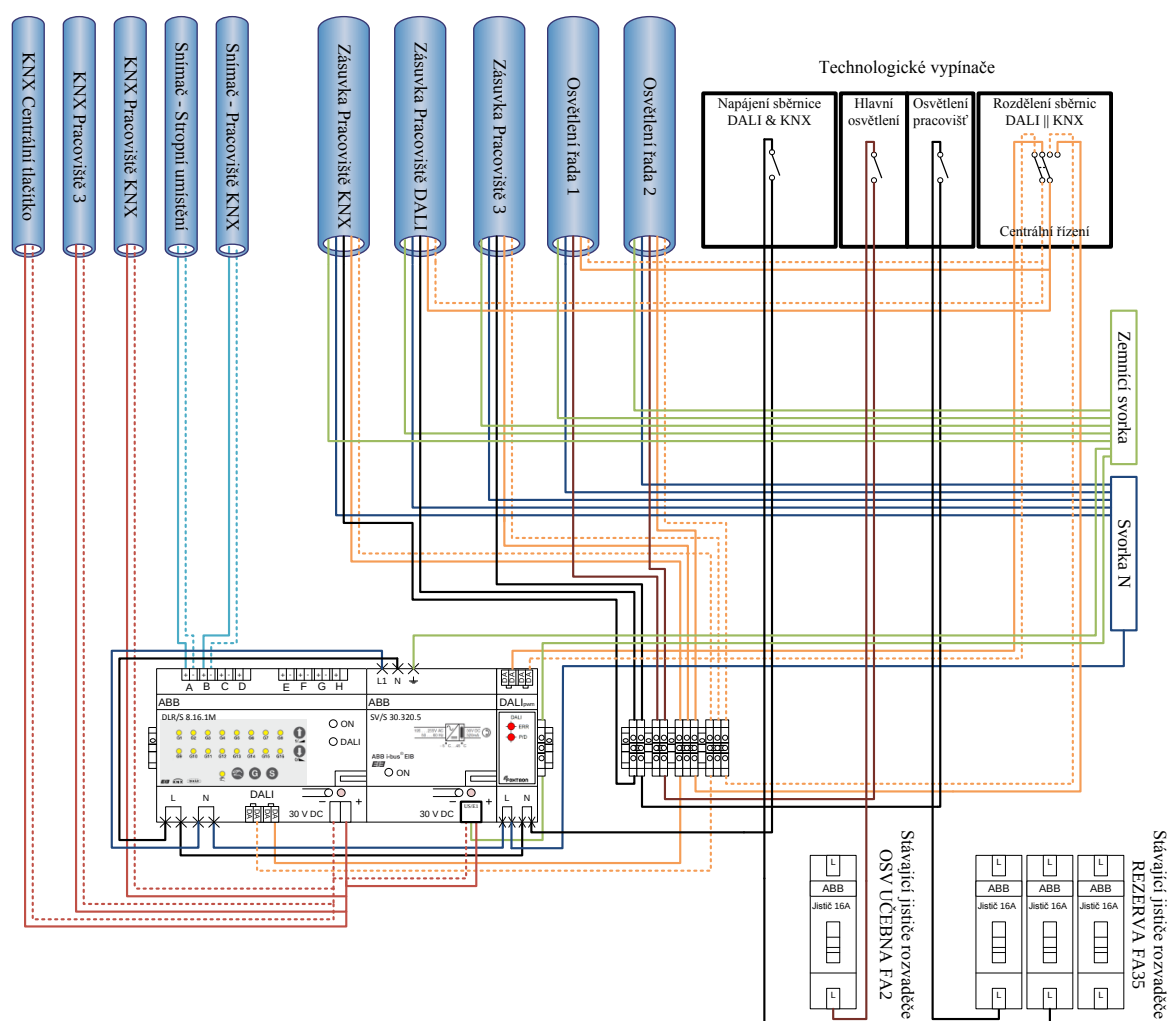
Za hlavní přínos mé diplomové práce považuji nejen její praktické využití, ale také její demonstrační účel. V normálním provozu laboratoře umožňuje centrálně řídit osvětlení, a to jak z centrálního tlačítka umístěného u vchodu, tak i z nově nainstalovaných tlačítek na pracovištích. Všechna pracoviště byla rovněž vybavena místním LED osvětlením, které je praktické především při probíhajících měření světelně technických parametrů světelných zdrojů a svítidel, neboť je možno vypnout hlavní osvětlovací soustavu laboratoře a markantně tak snížit ovlivnění měření. Vzhledem k použití otevřených standardů KNX a DALI je výhodou instalace také její možné rozšíření o další inteligentní prvky. Demonstrační účel je pak realizován v rámci demonstračních úloh na pracovištích DALI a KNX. Studenti se tak prakticky seznámí s oběma standardy tou nejsrozumitelnější formou. Poslední část práce poskytuje přehled o možných budoucích rozšířeních realizace inteligentní elektroinstalace o další prvky a funkce.

8 Literatura

- [1] DALI. DALI WORKING PARTY OF ZVEI E.V. DALI [online]. 2013 [cit. 2013-11-03]. Dostupné z: <http://www.dali-ag.org/>
- [2] PFLAUM VERLAG, Richard. DALI: Digital Addressable Lighting Interface Manual. DALI [online]. 2001, s. 62 [cit. 2013-11-05]. Dostupné z: http://www.dali-ag.org/c/manual_gb.pdf
- [3] ČSN EN 60929. Elektronické ovládací zařízení na střídavé a/nebo stejnosměrné napětí k zářivkám: Požadavky na provedení. 4. vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, meteorologii a státní zkušebnictví, 2011
- [4] MERZ, Hermann, Thomas HANSEMANN a Christof HÜBNER. Automatizované systémy budov: Sdělovací systémy KNX/EIB,LON a BACnet. Václav Bartoš. U Průhonu 22, Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2007, 264 s. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [5] KNX Association: KNX. [online]. 29 Nov 2013 [cit. 2013-12-01]. Dostupné z: <http://www.knx.org>
- [6] ABB i-bus®EIB/KNX: Inteligentní systém elektrické instalace. ABB i-bus®EIB/KNX [online]. s. 22 [cit. 2013-12-01]. Dostupné z: <http://elsynn.abb.cz/obchod/documents/EIB%20popis%20syst%C3%A9mu.pdf>
- [7] VOŽECH, Martin. Návrh instalace inteligentního řízení osvětlovacích soustav v laboratoři světelné techniky. Praha, 2014. Projekt 2. ČVUT v Praze.
- [8] KUNC, J. KNX základní kurz. (přednáška) Jablonec nad Nisou: Zákaznické centrum ABB Elektro Praga, 2014
- [9] FOXTRON S.R.O. Foxtron: Ovládání inteligentních instalací [online]. 2013 [cit. 2013-12-30]. Dostupné z: <http://www.foxtron.cz/>
- [10] TRIDONIC GMBH & CO KG. Tridonic [online]. 2013 [cit. 2013-12-30]. Dostupné z: <http://www.tridonic.com/>
- [11] ABB s.r.o. Elektro-Praga. [online]. 2013 [cit. 2013-12-30]. Dostupné z: <http://www117.abb.com/catalog.asp?thema=5914&category=2535>
- [12] Universal Interfaces US/U 2.2 US/U 4.2: Product Manual. ABB I-BUS KNX. [Http://www.knx-gebaeudesysteme.de](http://www.knx-gebaeudesysteme.de) [online]. 2012 [cit. 2014-04-09]. [online]. 26.3.2014. [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: http://www.knx-gebaeudesysteme.de/sto_g/English/_HTML/product_data_knxprod.htm
- [13] FOXTRON S.R.O. Uživatelský manuál: proLED25. [online]. 2013 [cit. 2014-03-30] Dostupné z: http://www.foxtron.cz/images/popis_produkty/proLED25/proled25%20datasheet.pdf
- [14] FOXTRON S.R.O. Uživatelský manuál: DALI4SW. [online]. 2013 [cit. 2014-03-30] Dostupné z: http://www.foxtron.cz/images/popis_produkty/DALI4sw/dali4sw%20datasheet.pdf

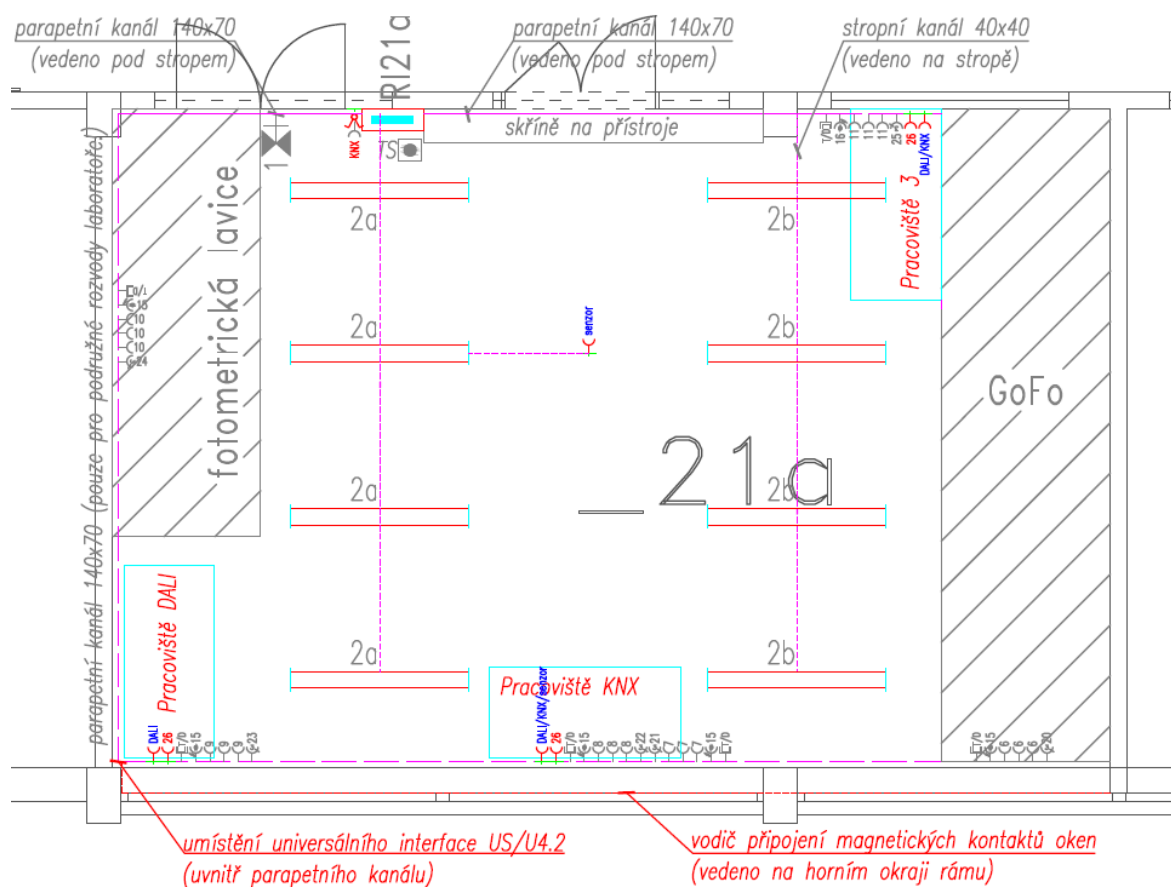
Příloha A

Schéma zapojení prvků inteligentní elektroinstalace v rozvaděčové skříni laboratoře světelné techniky.



Příloha B

Nákres inteligentní elektroinstalace v laboratoři světelné techniky.



Legenda:

- | | |
|-------------------|---|
| — DALI | — čtyř-pólový konektor XLR (připojení DALI) |
| — 26 | — zásuvky DALI předřadníků LED osvětlení pracovišť |
| — senzor | — připojení senzoru, konektor XINYA |
| — DALI/KNX | — čtyř-pólový konektor XLR (připojení DALI a KNX) |
| — DALI/KNX/senzor | — šesti-pólový konektor XLR (připojení DALI, KNX a senzoru) |
| — KNX | — KNX centrální tlačítko |

Příloha C

Obsah přiloženého CD:

- Diplomová práce v elektronické podobě
- Demonstrační laboratorní úlohy
- Konfigurace pro laboratoř světelné techniky
- Výkres laboratoře v DWG